[NHIỀU TÁC GIẢ]

JIM AL-KHALILI

[BIÊN TẬP]

NGUYỄN KIM PHỤNG dịch

THẾ GIỚI SẼ RA SAO?

THẬM CHÍ CÁC NHÀ KHOA HỌC CŨNG KHÔNG THỂ ĐOÁN TRƯỚC TƯƠNG LAI

nhã nam

Mục lục

LỜI MỞ ĐẦU 7

TƯƠNG LAI CỦA HÀNH TINH NÀY 13
1. Nhân khẩu học 15
2. Sinh quyển 36
3. Biến đổi khí hậu 53

TƯƠNG LAI CỦA CHÚNG TA 73
4. Tương lai của y học 75
5. Bản đồ Gen và Kỹ Thuật Di Truyền 91
6. Sinh học Tổng hợp 109
7. Siêu nhân học 123

TƯƠNG LAI CỦA MẠNG MÁY TÍNH 141
8. Điện toán Đám mây và "Internet Vạn Vật" 143
9. An ninh mạng 160
10. Trí tuệ Nhân tạo 177
11. Điện toán lượng tử 193

KIẾN TẠO TƯƠNG LAI 209
12. Vật liệu thông minh 211
13. Năng lượng 225
14. Giao thông Vận tải 243
15. Rô-bốt học 257

TƯƠNG LAI XA 273
16. Du hành giữa các vì sao và chinh phục Hệ Mặt Trời 275
17. Ngày tận thế 293
18. Dịch chuyển tức thời và Du hành thời gian 309

ĐỌC THÊM 323
VỀ TÁC GIẢ 327

Lời mở đầu

Jim Al-Khalili

Theo thuyết tương đối của Einstein, tương lai đang ở ngoài kia, đợi chờ chúng ta – thời gian: quá khứ, hiện tại và tương lai, tất thảy là hằng hữu trong một không-thời gian bốn chiều tĩnh. Thế nhưng, ý thức của ta lại bị mắc kẹt trong một hiện tại luôn thay đổi, không ngừng trôi theo trục thời gian, ta chào đón tương lai trong khi ngấu nghiến nó rồi bỏ lại sau lưng khi nó chuyển mình thành quá khứ. Nhưng ta chẳng bao giờ có thể nhìn thấy những gì đang ở phía trước. Một sự thật không thể chối cãi là ta không thể đoán biết tương lai, dẫu các bà đồng và thầy bói có nói gì đi chăng nữa.

Ở góc độ siêu hình, chuyện tương lai của chúng ta đã được định trước hay vẫn đang bỏ ngỏ, số phận của ta đã mãi mãi bị phong ấn trong một vũ trụ tất định hay ta có thể tự do định hình nó như ý muốn, vẫn còn là vấn đề đang được tranh luận giữa các nhà khoa học và triết gia. Tất nhiên, đôi khi, chúng ta vẫn có thể tự tin khẳng định một cách hợp lý rằng điều gì sẽ xảy ra – bởi quả thực một số sự kiện trong tương lai là không thể tránh khỏi: Mặt Trời sẽ tiếp tục chiếu sáng (trong chí ít là vài tỷ năm nữa), Trái Đất sẽ tiếp tục quay quanh trục của nó, chúng ta già đi, và đội bóng Anh mà tôi ưa thích, Leeds United, sẽ tiếp tục khiến tôi thất vọng vào cuối mỗi mùa bóng.

Xét trên các góc độ khác, tương lai có thể mở ra theo những

cách hoàn toàn bất ngờ. Văn hóa của nhân loại cực kỳ phong phú và đa dạng, đến nỗi rất thường xuyên, các sự kiện xảy ra theo những cách mà không ai có thể dự đoán nổi. Cho nên, trong khi có ít người có thể đoán trước được chiến thắng của Donald Trump vào năm 2016, không một ai (cho tới nay) có thể dự đoán được thời điểm và nơi chốn mà thảm họa tự nhiên lớn tiếp theo – một trận động đất hay một vụ lụt lội – sẽ xảy ra.

Những dự đoán về cách cuộc sống của chúng ta sẽ thay đổi nhờ những tiến bộ trong khoa học và công nghệ là rộng khắp, trải giữa điều không thể tránh khỏi và điều hoàn toàn không lường trước được. Khi nhắc đến tương lai, các nhà tiên tri đáng tin cậy nhất, và giàu trí tưởng tượng nhất thường là nhóm tiểu thuyết gia viễn tưởng, nhưng có bao nhiêu người trong số họ, trước năm 1990, đã mô tả một thế giới nơi Internet sẽ kết nối cuộc sống của tất cả mọi người như hiện nay? World Wide Web nghe vẫn thật kỳ dị, nếu bạn chịu dừng lại để suy nghĩ về nó.

Vậy thì, trong thập niên thứ hai của thế kỷ 21 này, làm thế nào để biên soạn một cuốn sách về những tiến bộ khoa học đang chờ đón ta, cho dù chúng ở rất gần, năm hay mười năm nữa, hay ở một tương lai xa hơn, vượt cả quãng đời của chúng ta?

Một số bài luận trong cuốn sách này là lời cảnh báo nghiêm túc về cách mà thế giới của chúng ta sẽ được định hình, cho dù là bởi tự nhiên hay hoạt động của con người, nếu ta từ chối hành động ngay lập tức. Giải pháp cho các vấn đề toàn cầu của con người sẽ đòi hỏi các yếu tố tài chính, địa chính trị và văn hóa, cũng như khoa học và kỹ thuật; nhưng rõ ràng là việc khai thác hiểu biết của chúng ta về thế giới tự nhiên, cũng như việc sử dụng sự đổi mới và sáng tạo trong các công nghệ khai thác bất cứ ngành khoa học mới nào, cũng sẽ trở

nên quan trọng hơn bao giờ hết trong những thập niên sắp tới. Vì vậy, tuyển tập này còn là niềm hy vọng, bởi vì nó cho thấy khoa học có thể giảm thiểu thiệt hại những kịch bản xấu nhất, như tác hại của biến đổi khí hậu, bùng nổ dân số hoặc sự lan rộng của nhiều đại dịch do kháng thuốc.

Cũng không thể phủ nhận được sự thật rằng việc triển khai các công nghệ mới, cho dù là trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo (AI), rô-bốt học (robotics), di truyền học, địa kỹ thuật hay công nghệ nano,... hay các lĩnh vực đang tiến triển nhanh chóng khác cần phải được xem xét và thảo luận một cách cẩn trọng. Ta không thể cứ dấn thân vào một tương lai vô định mà không cẩn thận xem xét những điều hàm ẩn, về cả mặt đạo đức và thực tiễn, trong các khám phá của chúng ta và những ứng dụng của chúng. Có thể kể đến nhiều ví dụ, chẳng hạn như cách rô-bốt đã bắt đầu thay thế con người trong công việc, hay cách tốt nhất để chúng ta có thể bảo vệ mình trước bọn khủng bố trên mạng, hoặc cách chúng ta vắt kiệt tài nguyên thiên nhiên của mình, đồng thời hủy hoại môi trường sống và đe dọa hệ sinh thái khi dân số thế giới ngày một tăng cả về quy mô lẫn lòng tham. Nhưng tôi đang vẽ ra là một bức tranh ảm đạm, và tương lai của chúng ta không nhất thiết phải giống thế.

Điều quan trọng cần nhớ là bản thân kiến thức khoa học không tốt cũng chẳng xấu – cách chúng ta sử dụng chúng mới là điều quyết định. Bạn có thể chắc chắn rằng trong vòng mười hoặc hai mươi năm nữa, chúng ta sẽ có các thành phố thông minh do AI kiểm soát, xe không người lái, thực tế ảo tăng cường (AR), thực phẩm biến đổi gen, các dạng năng lượng mới hiệu quả hơn, các loại vật liệu thông minh, và vô số tiện ích cùng ứng dụng khác, tất cả đều được kết nối thành hệ thống và có thể trao đổi với nhau. Nó sẽ là một thế giới gần như

không thể nhận ra so với thế giới ngày nay, cũng hệt như hình ảnh thế giới ngày nay trong mắt của một ai đó ở những năm 1970 và 1980. Duy chỉ một điều ta có thể chắc chắn là cuộc sống của con người sẽ tiếp tục được thay đổi toàn diện nhờ những tiến bộ trong hiểu biết của chúng ta về cách thế giới này vận hành và cách chúng ta khai thác nó.

Một số tiểu luận trong cuốn sách này vẽ ra bức tranh tương đối đáng tin cậy về tương lai. Đó là bởi ngành khoa học mà chúng mô tả đều đã ở dạng phôi thai và chúng ta có thể thấy rõ nó sẽ trưởng thành như thế nào trong những năm tới. Những bài luận khác thì đưa ra nhiều kịch bản mô tả cách tương lai khai màn, không phải vì chúng ta không hiểu khoa học, cũng không phải vì ứng dụng của nó có thể gây bất ngờ, mà vì con đường mà chúng ta chọn phụ thuộc vào cách kiến thức khoa học đó được sử dụng. Đây sẽ là những quyết định mà chúng ta phải cùng nhau đưa ra như một xã hội và việc này đòi hỏi ý thức trách nhiệm của các chính trị gia cũng như bộ phận dân chúng am hiểu khoa học.

Chắc chắn, một số chủ đề nhất định, dù là xe hơi không người lái, kỹ thuật di truyền hay cái gọi là Internet Vạn Vật (IoT), sẽ được nhiều tác giả đề cập đến trong sách này. Điều này là có chủ ý, vì nó cho phép người đọc tiếp cận nhiều hơn một quan điểm về những cách thức khác nhau mà cuộc sống của tất cả chúng ta sẽ thay đổi trong những thập niên tới. Nó cũng nhấn mạnh rằng rất nhiều trong số các công nghệ mới này có liên hệ với nhau và thúc đẩy lẫn nhau.

Một số bài luận, đặc biệt là những bài nằm ở phần cuối cuốn sách không thể tránh khỏi việc ức đoán khi chúng ta nhìn sâu hơn vào tương lai. Chẳng hạn, trong bài luận của chính tôi ở Chương 18, tôi chọn quan sát một tương lai rất xa, vượt xa quãng đời của chúng

ta. Nhưng liệu có cuốn sách đích thực nào về tương lai của khoa học lại không đề cập tới dịch chuyển tức thời và du hành thời gian?

Công bằng mà nói, một số chương đầu trong cuốn sách trình bày nhiều viễn cảnh tương lai khá ảm đạm, đặc biệt nếu con người không lưu tâm đến các cảnh báo hiện tại, trong khi các chương khác lại hân hoan đón chào những tiến bộ công nghệ kỳ diệu sắp xuất hiện đang làm phong phú đời sống của chúng ta. Tuy nhiên, điểm quan trọng cần nhớ ngay từ đầu là tuyển tập tiểu luận này không có ý tán dương hay gieo rắc sợ hãi, mà thay vào đó nhắm tới việc vẽ một bức tranh chân thực và khách quan nhất có thể, về tương lai qua con mắt của những chuyên gia hàng đầu thế giới trong lĩnh vực của họ. Điểm chung của tất cả các bài luận này là: chúng đều dựa trên hiểu biết hiện tại của chúng ta về các định luật của tự nhiên – tức là sự thực khoa học, không phải khoa học viễn tưởng. Các bài viết này không dự đoán một tương lai đầy ảo mộng, và cũng chẳng liên quan gì đến ma thuật hay hình ảnh tưởng tượng. Tôi thích nghĩ rằng những đánh giá tỉnh táo này – với nền tảng là căn cứ khoa học – sẽ đem đến một cuốn sách cực kỳ trung thực nhưng không kém phần thú vị!

TƯƠNG LAI CỦA HÀNH TINH NÀY

Nhân khẩu học,
Bảo tồn Sinh học và Biến đổi Khí hậu

1
Nhân khẩu học

Philip Ball

Thế giới thay đổi bởi vì chúng ta thay đổi. Giống như hầu hết những sự thật không được chú ý tới, điều đó thật hiển nhiên khi được nói thành lời. Tương lai sẽ khác biệt, không đơn thuần chỉ vì chúng ta sẽ phát minh thêm nhiều công nghệ mới, mà còn vì ta sẽ chọn lựa phát minh thứ gì và sử dụng thứ gì – và do đó, sẽ cho phép thứ gì thay đổi bản thân ta. Một số công nghệ sẽ giúp giải quyết các vấn đề đã tồn tại từ lâu đồng thời cũng tạo ra vài vấn đề mới; số khác thì nhẹ nhàng chạm tới những thách thức lớn mà tương lai hăm dọa. Dù gì đi nữa, ta cũng không thể thấy trước tương lai chỉ đơn giản bằng cách đặt ta của hiện tại vào giữa những phiên bản ngoại suy của những môi trường tự nhiên và nhân tạo mà ta đang sống. Vậy thì cuộc sống – và cách sống của chúng ta sẽ khác đi như thế nào?

Vấn đề lương thực

Một trong những tác nhân quan trọng nhất dẫn đến sự thay đổi ngày nay là sự gia tăng dân số, điều chỉ có thể

trở nên khả thi nhờ vào các tiến bộ công nghệ. Chúng ta không thể duy trì một hành tinh với 7,5 tỉ người nếu không có những thay đổi trong nông nghiệp và sản xuất lương thực kể từ thế kỷ 19: đặc biệt là cái gọi là cuộc Cách mạng Xanh, diễn ra trong những thập niên giữa thế kỷ 20, đã kết hợp sự phát triển các giống cây trồng năng suất cao với sự sẵn có của phân bón nhân tạo. Nếu không có những tiến bộ ấy, có lẽ vài tỉ người đã lâm vào cảnh chết đói.

Nhưng chúng ta vẫn chưa thể chắc chắn về việc ta có thể duy trì một hành tinh với 9 tỉ người, con số ước tính đến năm 2050, nếu không có những bước tiến đáng kể hơn nữa, đặc biệt là trong việc trồng trọt và sản xuất lương thực, hay các nguồn nước. Dân số gia tăng chủ yếu ở châu Phi và châu Á – trong những quốc gia thiếu thốn nguồn lực về kinh tế và cơ sở hạ tầng để dễ dàng thích ứng với sự gia tăng đó.

Không có gì đảm bảo rằng năng suất nông nghiệp sẽ tăng tương ứng với sự gia tăng dân số. Biến đổi khí hậu – việc có thể làm tăng tình trạng xói mòn đất và sa mạc hóa, cũng như làm suy giảm sự đa dạng sinh học – được dự đoán sẽ làm giảm năng suất ở hầu hết các nơi trên thế giới, bao gồm nhiều khu vực mà ở đó sự gia tăng dân số sẽ làm tăng cầu lương thực. Những thay đổi này còn cộng hưởng cùng với những thăng trầm của thị trường qua việc toàn cầu hóa; sự thay đổi về nhu cầu hay ưu tiên ở một nơi (chẳng hạn như trồng trọt cây trồng làm nhiên liệu sinh học) có thể

có ảnh hưởng đáng kể đến việc sản xuất hoặc cung ứng lương thực ở nơi khác. Điều này có nghĩa là an ninh lương thực sẽ tiếp tục là ưu tiên hàng đầu trong chương trình nghị sự nhằm xây dựng một tương lai bền vững cho thế giới. Năm 2008, một đợt tăng giá lương thực đã kích động bất ổn xã hội và dẫn đến sự sụp đổ của chính quyền Haiti, trong khi đó sự tăng giá lương thực vào năm 2011 cũng được cho là một nguyên nhân khiến phong trào 'Mùa Xuân Ả Rập' nổ ra ở các nước Bắc Phi.

Viễn cảnh về nguồn nước cũng chẳng khả quan hơn là bao. Khoảng 750 triệu người hiện đang phải sống trong tình trạng khan hiếm nước. Con số này sẽ tăng lên 3 tỉ vào năm 2025, khi mà các hồ chứa nước ngọt vốn đã bị sử dụng vượt mức ở những khu vực khô cằn từ miền trung tây nước Mỹ cho đến vùng đồng bằng bắc Trung Quốc.

Bạn có thể xem đây là một thảm kịch, một điềm báo tai ương, sự sụp đổ của nền văn minh hay hồi chuông của ngày tận thế. Hoặc bạn cũng có thể xem đây là một danh sách các việc cần làm để giải quyết những thách thức chính trị và công nghệ đang chờ phía trước. Nhưng có lẽ hơn hết, đây chính là một lời nhắc nhở về những điều quan trọng trong tương lai. Vâng, các loại thuốc được cá nhân hóa, rôbốt thông minh, khai thác tài nguyên ở các tiểu hành tinh, hay tái tạo các cơ quan trong cơ thể, tất thảy nghe đều thật hấp dẫn (hoặc cực kỳ hấp dẫn, tùy thuộc quan điểm của bạn) và có lẽ đúng là vậy. Nhưng

bài toán từ bao đời nay của nhân loại – ta sẽ ăn gì, uống gì? – sẽ không mất đi trong một sớm một chiều. Thật vậy, có thể chính những vấn đề này, chứ không phải bất kỳ phát minh công nghệ nào về thông tin, giao thông vận tải hay y học, sẽ quyết định mô hình tương tác cá nhân và quốc tế của chúng ta.

Khi ấy, điều ta cần là một khuôn khổ phát triển bền vững. Có lẽ người ta dùng cụm từ này quá thường xuyên nhưng không thực sự suy xét cẩn thận tới cái giá thực tế phải trả để có được nó hay mọi chuyện sẽ thế nào một khi có được nó. Một số nhà kinh tế học coi nhẹ những cảnh báo về sự gia tăng dân số ngoài tầm kiểm soát như lời của người gieo rắc hoang mang sợ hãi, họ cho rằng sự đổi mới và sáng tạo của con người sẽ tiếp tục chống đỡ cho chúng ta. Những người khác chỉ ra rằng nhu cầu kinh tế đối với tăng trưởng mở, do các lực lượng thị trường dẫn dắt, và việc gạt sang một bên các vấn đề không mong muốn như ô nhiễm, về dài hạn là dối lừa và bất khả. Cả hai bên tham gia tranh luận đều có thể sắp đặt dữ liệu, hoặc chí ít là các câu chuyện, sao cho khớp với quan điểm của mình nhưng, điều mà ta thường có xu hướng bỏ qua là khoa học đã có sẵn một khuôn khổ – nhiệt động lực học – trong đó đặt ra những hạn chế rất chặt lên các lựa chọn. Sẽ không có gì xảy ra – không có sản xuất lương thực, không có sự xuất hiện của những ý tưởng mới, không có sự trao đổi cần thiết để duy trì một xã hội – mà không phải trả một cái giá về năng lượng, kéo theo đó là hàng loạt dạng chất thải. Nói một cách

đơn giản là chẳng có bữa trưa nào miễn phí[1]. Xã hội loài người là một hệ sinh thái phức tạp, nhưng nó cũng giống như bất kỳ hệ sinh thái nào khác: gồm các mạng lưới tương tác, đòi hỏi nguồn cung năng lượng, phải chống chọi với tình trạng vô trật tự, dễ thích nghi nhưng cũng dễ bị tổn thương. Việc tạo ra một ngành khoa học nghiên cứu về phát triển bền vững đích thực được xem là mục tiêu quan trọng nhất của thế kỷ sắp tới; không có nó, những việc khác cũng chẳng nghĩa lý gì. Chẳng có gì chắc chắn về sự hiện diện của con người trong vũ trụ.

Nhân diện thay đổi của chúng ta

Vậy thì, chúng ta sẽ là 'ai'?

Sự kết hợp giữa việc tăng tuổi thọ trung bình và giảm tỉ lệ sinh có nghĩa là nói chung dân số toàn cầu đang bị già hóa. Số người trên 75 tuổi ở Anh sẽ tăng từ 5,1 triệu năm 2012 lên khoảng 6,6 triệu vào năm 2022. Đến năm 2050, một phần ba dân số các nước đang phát triển sẽ thuộc nhóm trên 60 tuổi, điều này sẽ trở thành một trong số các nguyên nhân đặt thêm gánh nặng về chăm sóc sức khỏe và làm thay đổi tỉ lệ dân số trong độ tuổi lao động.

Chúng ta cũng phải tự hỏi 'Mình sẽ *ở đâu*?'. Vào đầu thế kỷ 21, dân số thế giới đã đạt đến một dấu mốc quan trọng khi một báo cáo năm 2007 của Liên Hiệp

1. Nghĩa bóng: Ta không thể có được một điều gì mà không chấp nhận mất đi một điều khác. Từ đây về sau, các chú thích cuối trang đều là của người dịch.

Quốc thông báo rằng hơn một nửa dân số trên hành tinh này hiện đang sống ở các thành phố. Đối với phần lớn nhân loại, tương lai nằm ở đô thị.

Hiện nay, có rất nhiều siêu đô thị với dân số trên 10 triệu, hầu hết nằm ở các nước đang phát triển tại châu Á, châu Phi và Nam Mỹ: ví dụ như Mumbai, Lagos, São Paulo và Manila. Gần như tất cả dự báo gia tăng dân số trong hai thập niên tới sẽ là ở các thành phố như vậy, đặc biệt là ở các nước đang phát triển, và đến năm 2035, khoảng 60% dân số thế giới sẽ sống ở các khu đô thị.

Trong những truyện cổ, bạn lên đường tới thế giới rộng lớn để tìm kiếm may mắn; ngày nay bạn tìm kiếm nó ở thành phố. Nhiều người từ các vùng thôn quê xung quanh đã đổ về thành phố với hy vọng sẽ có một cuộc sống tốt đẹp hơn, nhưng họ không hẳn tìm thấy nó. Nhiều thành phố đã không thể đáp ứng lượng người nhập cư lớn như vậy: chẳng hạn, 150 triệu cư dân thành thị hiện đang sống trong tình trạng thiếu nước. Ngoài ra, nhiều thành phố phát triển nhanh chóng nằm ở các vùng đất thấp ven biển đang phải đối mặt với nguy cơ ngập lụt do nước biển dâng cao và những sự kiện thời tiết cực đoan dần trở nên phổ biến hơn, như các mô hình biến đổi khí hậu dự đoán.

Bạn sẽ chẳng cần đến một quả cầu pha lê để tiên đoán về sự suy giảm liên tục trong sức ảnh hưởng toàn cầu của nước Mỹ, hay đám mây phủ trên dự án thống nhất châu Âu. Nhưng nếu bạn vẫn còn nghi ngờ, thì việc lướt nhanh qua những thay đổi ở các thành phố lớn nhất

thế giới chí ít cũng cho chúng ta biết được sự kiện tiếp theo có thể sẽ xảy ra ở đâu trong những năm tới. Vào thời điểm năm 1950, các thành phố lớn nhất thế giới, theo quy mô dân số, lần lượt là: New York, Tokyo, London, Osaka và Paris. Sang năm 2010, năm thành phố lớn nhất đã trở thành: Tokyo, Delhi, Mexico City, Thượng Hải và São Paulo. Và đến năm 2030, danh sách được dự đoán sẽ là: Tokyo, Delhi, Thượng Hải, Mumbai và Bắc Kinh. Bạn muốn tìm những siêu trung tâm của tương lai? Hãy đi về phía đông!

Tất nhiên, việc thành phố gia tăng dân số là một chuyện, nhưng nó có phát triển thịnh vượng hay không lại là chuyện khác, đó là sự thật hiển nhiên có thể chứng minh qua các khu ổ chuột ở Rio de Jainero và São Paulo. Song song với đó, không nghi ngờ gì, Trung Quốc và Ấn Độ sẽ tiếp tục đà phát triển để trở thành siêu cường toàn cầu. Trong vòng 20 năm nữa, dự kiến sẽ có khoảng 200 hoặc 300 thành phố hoàn toàn mới xuất hiện ở Trung Quốc, trong đó có nhiều thành phố với dân số vượt quá một triệu người. Nhưng thật ra, *mỗi tuần*, hành tinh này lại có thêm một phiên bản tương đương với một thành phố khoảng… một triệu rưỡi dân.

Thế thì một thành phố của tương lai trông sẽ như thế nào? Dưới con mắt của một nghệ sĩ, tất cả những tòa nhà lấp lánh kính và crom, với cây xanh phủ kín nóc, có thể rất cuốn hút – nhưng cũng dễ gây hiểu lầm, bởi vì *không có* một tương lai nhất định nào cho các thành phố. Một số có thể sẽ trở nên thân thiện hơn, xanh hơn và

sống động hơn. Số khác lại đầy rẫy những khu ổ chuột tứ tung, có lẽ lấy một khu tài chính hào nhoáng nào đó làm điểm nhấn ở trung tâm, với sự chênh lệch giàu nghèo vượt xa tình trạng ngày nay. Liệu chúng ta có thể lập kế hoạch xây dựng một thành phố thành công, hay chúng phải luôn phát triển 'hữu cơ tự nhiên' như những nhà lý thuyết đô thị nổi tiếng Lewis Mumford và Jane Jacobs đã lập luận, liệu chúng có tiếp tục sôi động và thịnh vượng, thay vì vô hồn và nghèo nàn?

Vài nhà nghiên cứu tin rằng chúng ta chẳng có chút hy vọng nào để trả lời những câu hỏi như vậy trừ phi chúng ta phát triển một ngành 'khoa học về các thành phố' đích thực, thay vì tiếp tục dựa vào những giấc mơ tùy tiện và bị chính trị hóa thường thấy của các nhà quy hoạch và kiến trúc sư đô thị. Có vài ý niệm mơ hồ về một ngành khoa học non trẻ như vậy, đặc biệt là nhận thức rằng có những nguyên tắc có thể áp dụng cho gần như mọi thành phố, bất kể kích thước và đặc trưng. Các thành phố phụ thuộc vào kinh tế quy mô: thành phố càng lớn, bình quân đầu người về cơ sở hạ tầng và mức năng lượng tiêu thụ càng thấp, thu nhập trung bình càng tăng và chúng càng trở thành những cỗ máy đổi mới. Nhưng mọi thứ phát triển nhanh hơn về quy mô, thì những điều tốt lẫn xấu cũng thế: các thành phố lớn hơn có tỉ lệ tội phạm, trộm cắp và bệnh truyền nhiễm cao hơn, và nói chung nhịp sống cũng nhanh hơn, cho dù đó là tốc độ tăng trưởng hay giảm sút của các doanh nghiệp hoặc thậm chí là tốc độ đi bộ của người dân. Dường như bạn

chẳng thể tận hưởng những lợi thế của các thành phố mà không có những hạn chế đi kèm. Dẫu là thế, hãy cứ lựa chọn đi, nếu bạn đủ may mắn để được quyền lựa chọn.

Xu hướng di cư đến các thành phố chỉ là một phần trong cuộc di cư rộng lớn hơn trên khắp hành tinh. Liên Hiệp Quốc ước tính rằng hiện có hơn 200 triệu người đã di cư từ tổ quốc mình sang nước khác, và khoảng 740 triệu người khác đã tái định cư tại đất nước họ. Trong vài chục năm vừa qua, phần lớn làn sóng di cư này là từ nông thôn và miền núi đến các thành phố.

Nhưng làn sóng này bắt nguồn từ đâu? Ở các nước thu nhập thấp, hầu hết mọi người tái định cư vì lý do kinh tế, tìm kiếm cơ hội việc làm tốt hơn, lương cao hơn hoặc để đa dạng hóa sinh kế, đặc biệt nếu nghề nông không còn là nguồn sống bền vững nữa. Số khác di cư để tìm kiếm nền giáo dục tiên tiến, hoặc để đoàn tụ gia đình. Một số là vì mong muốn thoát khỏi nạn bức hại, chiến tranh, xung đột về chính trị hay văn hóa, như ở Syria; số khác bị buộc phải di cư vì lý do chính trị-xã hội, như sau quyết định xây dựng các đập của Trung Quốc. Và một số bị buộc phải chạy trốn khỏi các hiểm họa môi trường, chẳng hạn như lũ lụt, đất đai khô cằn hoặc thiếu nước.

Biến đổi khí hậu chắc chắn sẽ làm gia tăng làn sóng di cư trong những năm tháng và thập niên sắp tới, nhưng điều đó chưa đủ để tạo thành khái niệm 'di cư vì khí hậu.' Sự thay đổi của môi trường có thể tác động qua lại với các yếu tố dẫn đến di cư khác theo những cách

thức rất phức tạp. Kể từ đầu thiên niên kỷ này, nạn hạn hán ở nông thôn, cộng thêm ảnh hưởng từ cuộc khủng hoảng kinh tế và chính trị, đã khiến khoảng 1,5 tới 2 triệu người Zimbabwe phải bỏ chạy đến Nam Phi, nơi họ thường xuyên 'được đón tiếp' với thái độ thù địch. Hơn nữa, việc thay đổi chỗ ở đột ngột do thay đổi môi trường có thể làm mờ đi sự khác biệt giữa 'di cư' và 'di dời' theo cách định nghĩa của giới chính trị gia và luật gia: 'di cư' được coi là sự lựa chọn, 'di dời' là điều cần thiết mang tính cưỡng bức. Rất khó để xác định khi nào điều kiện sống ở một nơi trở nên tồi tệ đến mức khiến cho việc di cư trở thành bắt buộc hơn là tự nguyện. Cho dù thế nào thì cũng sẽ hiếm có câu hỏi nào được đặt ra sau trải nghiệm gần đây của châu Âu, và rằng di cư cùng với nhập cư sẽ tiếp tục là chủ đề chính trị nổi bật trong nhiều năm tới.

Các công nghệ nhân dạng

Tất cả những thay đổi nhanh chóng này nghe có vẻ rất xa lạ với cuộc sống ở vùng nông thôn châu Phi hay giữa những nhóm người du mục Mông Cổ – có lẽ chỉ trừ một yếu tố. Nhờ có mạng điện thoại, họ cũng được kết nối.

Hiện nay, cứ mỗi ba người trên thế giới lại có hai người đang sở hữu một chiếc điện thoại di động (hoặc ít nhất là một số thuê bao di động), ngay cả tại các nước kém phát triển vùng hạ Sahara ở châu Phi. Những thiết bị này chính là phương tiện giao tiếp từ xa chủ chốt ngày nay. Thật vậy, khả năng tiếp cận Internet không phân bố

đồng đều: ở các nước phát triển, 4/5 số hộ gia đình có kết nối mạng, nhưng con số này giảm mạnh xuống dưới 1/10 ở các nước kém phát triển nhất. Khoảng cách về công nghệ hoặc kỹ thuật số là điều đáng lo, nhưng đó không phải là một phương trình đơn giản. Cũng chẳng mấy ngạc nhiên khi khoảng cách ấy thể hiện rất rõ qua độ tuổi của dân số: tại Anh, trong một cuộc thăm dò ý kiến được tổ chức năm 2016, hơn 99% số người tham gia nằm trong độ tuổi từ 16 đến 24 cho biết mình đã sử dụng mạng Internet trong ba tháng trở lại đó, nhưng chỉ có 39% số người trên 75 tuổi có câu trả lời tương tự.

Việc có thể truy cập Internet chỉ mới là một phần trong câu chuyện; các mạng di động cũng đã chuyển mô hình sử dụng sang trạng thái 'luôn luôn kết nối' (always on). Cái gọi là Thế hệ Z, những cô cậu được sinh ra kể từ thập niên 1990 và chưa bao giờ biết đến cảnh thiếu thốn những phương tiện này, nay đang dần trở thành người trưởng thành, và một cuộc khảo sát năm 2011 tại Anh nhắm vào độ tuổi 16-24 cho thấy rằng 45% số người trong độ tuổi này cảm thấy hạnh phúc nhất khi *online* (trực tuyến). Nhiều doanh nghiệp giờ đây mong đợi nhân viên của mình luôn túc trực bên cạnh điện thoại di động và thư điện tử; ngược lại, chuyện gia đình và cá nhân nay cũng có thể được giải quyết từ bàn làm việc, và phá vỡ ranh giới tách biệt công việc và gia đình.

Có rất nhiều số liệu thống kê như thế này, nhưng ý nghĩa của chúng vẫn chưa rõ ràng. Một phép ngoại suy giản đơn từ các xu hướng hiện tại ngụ ý rằng ba phần tư

thế giới sẽ sở hữu điện thoại di động vào cuối thập niên tới. Nhưng hệ quả của việc sở hữu điện thoại đối với một nông dân ở Kenya hay một người du mục ở Mông Cổ là rất khác so với một thương gia ở London.

Sự lan tỏa của công nghệ thông tin và mạng xã hội bào chữa cho mô tả của chúng là những công nghệ mang tính 'biến đổi' và thậm chí là 'phá vỡ' rào cản – nhưng thực sự thì chúng sẽ biến đổi và phá vỡ thứ gì? Thật phấn khích khi tưởng tượng rằng cuộc nổi dậy Mùa xuân Ả Rập năm 2011 chính là cuộc 'Cách mạng Twitter,' nhưng bằng chứng cho điều đó phần lớn đã bốc hơi, và dù thế nào thì ý tưởng này cũng chẳng giúp chúng ta biết được điều gì bộc lộ tiếp theo.

Một thế giới ngày càng 'kết nối về mặt thông tin' chỉ là một khía cạnh trong xu hướng ngày càng phụ thuộc lẫn nhau, chịu ảnh hưởng bởi thương mại, du lịch, bệnh dịch, kiểm duyệt, quyền riêng tư và rất nhiều điều khác nữa. Nói cách khác là một nồi lẩu thập cẩm nóng rẫy mà chẳng ai biết sẽ có hương vị như thế nào. Dưới đây là vài gợi ý về bài học rút ra từ những trải nghiệm này:

- Kết nối với nhau không có nghĩa là bao hàm lẫn nhau. Ngược lại, nó có thể sản sinh tình trạng "Balkan hóa[1] quan điểm" vốn làm cho thảo luận chính trị trở nên thô thiển hơn, đồng thời củng cố làm vững thêm các

1. Nguyên văn Balkanization, là thuật ngữ diễn tả quá trình phân chia một lãnh thổ thành nhiều quốc gia độc lập có xung đột lẫn nhau về lợi ích.

quan điểm cực đoan. Hiếm có dấu hiệu nào cho thấy Internet hay mạng xã hội sẽ khuyến khích sự cởi mở và các tranh luận có tính xây dựng; chúng còn được thiết lập theo một số hình thức để ngăn chúng ta khỏi bất đồng hoặc thách thức, chẳng hạn bằng cách cung cấp các tin tức được cá nhân hóa. Người ta từng phải mất nhiều công sức mới tìm được các tài liệu ngụy lịch sử chối bỏ cuộc Thảm sát người Do Thái (Holocaust); giờ đây tất cả những gì ta cần là một cú nhấp chuột.

- Công nghệ thông tin có thể dùng để phóng đại các định kiến và quan niệm sai lầm hiện có, vậy nên chúng cũng phóng đại sự bất bình đẳng. Trong kinh doanh và thương mại, trong nghệ thuật và giải trí, thị trường ngày càng có xu hướng thiên về phía 'kẻ thắng có tất cả' (winner takes all). Các nghiên cứu tâm lý cho thấy đây chính xác là những gì được mong đợi từ một hệ thống xếp hạng mà trong đó bạn có thể dễ dàng nhìn thấy lựa chọn của những người khác.
- Nếu một công việc có thể được thực hiện bởi robot, nhiều khả năng người ta sẽ dùng chúng. Hiện đã có một khu vực quan trọng trong thị trường tài chính nơi hoàn toàn được các thuật toán giao dịch tự động vận hành. Mọi chuyện đang diễn ra nhanh hơn cả khả năng quản lý của con người, và có những quy tắc riêng mà chúng ta chưa thực sự biết rõ chúng là gì. Quá trình tự động hóa này sẽ mở rộng sang cả các công việc phức tạp hơn, bao gồm chăm sóc sức khỏe và giáo dục. Có thể có những mặt có lợi, chắc chắn rồi: chẳng hạn, bác sĩ

rô-bốt không bao giờ ngủ, bạn không cần phải đợi nhiều tuần để hẹn lịch khám, và rô-bốt có thể hiểu rõ sức khỏe của bạn (từ các thiết bị cấy ghép và dữ liệu di truyền) hơn bất kỳ một bác sĩ con người nào. Nhưng tự động hóa cũng sẽ biến đổi thị trường lao động – và chúng ta có một bài học rõ ràng từ lịch sử rằng những ai không thu được lợi ích gì từ năng suất của xã hội, thay vì tận hưởng thời gian giải trí nhàn rỗi, thì lại bị tước đoạt quyền lực kinh tế.

- Tài sản lớn nhất của bạn có thể không phải là kỹ năng, kiến thức hay thậm chí là sự giàu có, mà chính là danh tiếng của bạn – chẳng hạn như, bạn được người khác đánh giá như thế nào trên các diễn đàn trực tuyến. Điều đó có nghĩa là bạn sẽ cần phải khéo léo quản lý và tuyển lựa danh tiếng cho mình – hoặc bạn có thể thuê một người khác làm giúp, như nhiều công ty đang làm.

Các xu hướng này không phát triển theo một hướng rõ ràng, và thực sự chúng còn nhiều điểm mâu thuẫn nội tại: những lời nói dối dễ bị vạch trần hơn, nhưng cũng dễ lan truyền hơn. Quan trọng nhất, chẳng có thay đổi nào trong số này là xảy ra trong một bong bóng chính trị-xã hội: ý nghĩa của chúng ở Trung Quốc khác với ở Thụy Điển hay Iran.

Mặc dù vậy, ta vẫn có thể rút ra một điều hàm ý cho tương lai của mình một cách an toàn: danh tính sẽ ít cố định hơn và mang tính đa diện hơn nhiều so với thường thấy – hay ít nhất là so với giả định về nó trước đây. Ta

có nhiều danh tính xuất hiện trong các tình huống khác nhau, chúng thường chồng chéo và ngày càng trở nên mờ ảo, nhưng chúng xác định quan điểm và lựa chọn của ta theo những cách khác nhau. Đặc biệt, các hình thức phân loại xã hội truyền thống nhằm xác định bản sắc, chẳng hạn như tuổi tác, giai cấp và quốc tịch, đang dần trở nên ít quan trọng hơn, cũng như những điểm phân biệt giữa bản sắc công khai và bản sắc riêng tư. Các định nghĩa cũ về bản sắc dựa trên giai cấp, chủng tộc và liên kết chính trị có thể đang chuyển hướng sang các phân loại mới, ví dụ như sự khác biệt thành thị/nông thôn, hoặc trình độ học vấn cao/thấp.

Nếu những thuộc tính truyền thống của các bản sắc cá nhân bị phân mảnh hơn nữa trong thập niên tới, có thể rằng các cộng đồng cũng sẽ trở nên ít gắn kết hơn. Kết quả có thể làm giảm tính di động xã hội và loại trừ xã hội[1], tạo ra những mối nguy hiểm từ sự phân biệt chủng tộc và chủ nghĩa cực đoan. Mặt khác, siêu kết nối (hyperconnectivity) cũng có thể tạo ra hoặc củng cố bản sắc nhóm theo những cách tích cực, tạo cơ hội mới cho việc xây dựng cộng đồng. Cuộc sống và bản sắc ngày càng kết nối của chúng ta sẽ là điều tốt đẹp hay tồi tệ? Vâng, thật ra là cả hai – và còn hơn thế nữa.

---

1. Di động xã hội (social mobility) là sự thay đổi vị trí của một người, một nhóm người trong hệ thống phân tầng xã hội. Loại trừ xã hội (social marginalisation) là thuật ngữ để chỉ một nhóm dân số không có hoặc có rất ít cơ hội tiếp cận để đạt được mức sống của đa số người dân trong xã hội.

Tương lai của dân chủ và tôn giáo

Cuốn sách xuất bản năm 1992 của Francis Fukuyama – *The End of History and Last Man* (Sự Cáo chung của Lịch sử và Con người Cuối cùng), đã trở thành vật tế thần ưa thích của ngành tương lai học: hãy nhìn và cười nhạo ý tưởng rằng sau sự sụp đổ của Bức tường Berlin và Liên Xô, các nền dân chủ tự do chính là biểu hiện lô-gích cuối cùng của mọi trạng thái phát triển. Ngày nay chúng ta có nhiều lý do hơn bao giờ hết để nghi ngờ dự báo giản đơn của Fukuyama. Không chỉ chuyện rõ ràng là ngay các nền dân chủ dù ổn định vẫn rất khó nắm bắt trên hầu khắp thế giới – và chắc chắn không phát sinh như thể phép mầu từ việc lật đổ chế độ độc tài – mà còn là chuyện chẳng thể đảm bảo rằng một khi nền dân chủ được thành lập, nó sẽ tồn tại dài lâu. Tại thời điểm viết bài này, chủ nghĩa dân túy mị dân ở Đông Âu và Hoa Kỳ đang đe dọa biến các nền dân chủ tự do thành các chế độ 'Kẻ mạnh' (Strong Man) thường liên kết hơn với Nga, Trung Quốc và Đông Nam Á, duy trì bởi sự cưỡng ép, tham nhũng và thông đồng. Người ta đã nghiêm túc thảo luận về việc liệu các thuật ngữ 'tự do' và 'dân chủ' có tiếp tục đứng cạnh nhau vô thời hạn hay không, và liệu chủ nghĩa tư bản không bị kiểm soát – với những viễn tưởng kinh tế và khuynh hướng thúc đẩy sự bất bình đẳng và oán giận của nó – có còn phù hợp với một hoặc cả hai thuật ngữ trên.

Tóm lại thì rốt cuộc các nhà bình luận phương Tây không còn có thể chắc chắn rằng mình đã nắm

vững được hình thức quản trị tốt nhất, mà họ còn chẳng mấy có bất kỳ ý niệm nào về cách phát triển nó ở một nơi khác. Theo nhà khoa học chính trị David Runciman, lợi thế của thể chế dân chủ – là nó có thể hồi phục trở lại từ bất kỳ cú sốc nào – đó cũng chính là gót chân Achilles của nó, vì điều đó làm thiếu đi động lực để thực sự học hỏi từ quá khứ. Loay hoay xoay xở dường như là một chính sách đủ tốt, cho đến khi nó không còn ổn nữa.

Điều duy nhất mà ta có thể tự tin kết luận là chúng ta nên ngừng suy nghĩ về chính trị như một loại phản ứng hóa học nào đó, biến đổi một thời gian trước khi đạt tới một trạng thái cân bằng tĩnh tại và bất biến. Thay đổi dường như là điều duy nhất ta có thể chắc chắn – và ngày càng nhiều nhà khoa học chính trị nói về nó như là một quá trình 'không liên tục' – diễn ra không theo cách từ từ, mà đột ngột và chấn động.

Những thay đổi trong vị thế của tôn giáo nằm trong số những điều đổi thay ta có thể dự đoán. Câu hỏi có lẽ không quá nghiêng về 'tôn giáo sẽ đi về đâu,' mà là 'tôn giáo nào?' Nhóm 'bốn tôn giáo lớn' – Hồi giáo, Thiên Chúa giáo, Phật giáo và Ấn Độ giáo – dường như đang ngày càng làm lu mờ các tôn giáo khác. Chủ nghĩa vô thần, chiếm khoảng 16% dân số thế giới, mặc dù con số này cao hơn nhiều ở Tây Âu, đang lan truyền chậm hơn so với các tín ngưỡng tôn giáo lớn (ngoại trừ so với Phật giáo, thực ra đang giảm theo tỉ lệ). Tỉ lệ người theo Hồi giáo toàn cầu đang gia tăng nhanh nhất, và được kỳ

vọng ngang bằng với tỉ lệ người theo Thiên Chúa giáo (khoảng 30%) vào năm 2050.

Mặc cho bạn cảm nhận thế nào về những xu hướng này, vẫn nên xem xét chúng với cùng một tinh thần như khi nghiên cứu sự lan truyền các đặc điểm văn hóa khác, chẳng hạn như ngôn ngữ – đặc biệt là vì, giống như những đặc điểm kia, tôn giáo không thể tách rời khỏi các yếu tố khác, ví dụ như sự gia tăng dân số và phát triển kinh tế. Và cũng như những yếu tố đó, dù có thế nào đi chăng nữa, thì niềm tin tôn giáo sẽ tiếp tục định hình cuộc sống của chúng ta theo những cách thức sâu sắc. Lịch sử đã chỉ rõ rằng tôn giáo không nhất thiết phải chống lại trí tuệ, khoa học, dân chủ, nhân văn. Nhưng đồng thời cũng cho thấy rằng nó có thể làm vậy.

Về lâu dài...

Những cuốn sách khoa học viễn tưởng hay nhất chưa bao giờ nói về việc dự đoán tương lai. Những câu chuyện thuộc thể loại này sẽ thực sự thu hút khi chúng sử dụng khả năng tự do sáng tạo mà tương lai đem đến để khám phá những lo lắng của hiện tại – hãy nghĩ đến những cuốn sách như *The War of the Worlds* (Chiến tranh giữa các thế giới), *Brave New World* (Thế giới mới tươi đẹp), *Nineteen Eighty- Four* (1984), *Blade Runner* (và tiểu thuyết của Philip K. Dick truyền cảm hứng cho nó) hoặc *Gattaca*, bộ phim năm 1997 về phân ly di truyền. Thế nên, khi một tương lai đầy hứa hẹn với máy bay phản lực cá nhân, nhà ở trên Mặt Trăng và rô-bốt giúp việc

không trở thành hiện thực, thì ta cũng chớ nên phàn nàn. Đó chưa từng là vấn đề quan trọng.

Tuy nhiên, ngay cả những cuốn sách khoa học viễn tưởng hay nhất đôi lúc cũng phạm sai lầm khi tưởng tượng những gì công nghệ có thể gây ra cho con người, mà không nhận ra công nghệ đã đáp ứng nhu cầu của chúng ta nhiều như thế nào. Công nghệ hiếm khi, đúng ra là chưa bao giờ, thực sự ép buộc chúng ta, bất kể bạn có cảm thấy như vậy đi chăng nữa. Chúng xuất hiện là vì, như một xã hội, ta đã chấp nhận, chào đón và cuối cùng bình thường hóa chúng, thường tới mức mà ít nhiều chúng trở thành điều bắt buộc. Trước khi có điện thoại di động và mạng xã hội, ta chưa bao giờ thực sự nhận ra mình yêu bản thân đến mức nào, hay rằng ta tuyệt vọng đến thế nào trong niềm mong mỏi thoát khỏi thực tế xung quanh và xoa dịu nỗi cô đơn. Ta đã không đánh giá cao việc xã hội hoạt động dựa vào sự tin tưởng (thương mại điện tử), việc chúng ta ghét bỏ những quan điểm trái ngược (hiệu ứng buồng phản âm[1]), hay việc chúng ta bị lôi cuốn bởi những điều trần tục (chương trình truyền hình thực tế), hay việc chúng ta có thể trở nên nghịch ngợm đến mức nào nhờ có sự ẩn danh (chơi khăm).

Vì vậy, ngành tương lai học có thể và buộc ta phải tự nhìn vào gương. Chẳng hạn như, bạn có thể tưởng tượng về một tương lai với siêu nhân, khi mà con người

1. Nguyên văn: echo chambers, thuật ngữ chỉ việc thông tin chỉ gói gọn trong suy nghĩ của một nhóm người, như âm thanh dội lại trong một căn phòng.

trở nên bất tử nhờ gắn tâm trí và cơ thể của chúng ta với công nghệ thông tin, truyền tải những suy nghĩ của chúng ta vào một vài ổ cứng lượng tử. Chuyện đó có đơn thuần là tưởng tượng (tôi tin là vậy) – nhưng bức tranh viễn tưởng ấy đang dần hé lộ. Nó gợi mở rằng mối quan hệ của chúng ta với cái chết và quá trình chết sẽ là một động lực thay đổi xã hội, theo cách này hay cách khác. Tương tự, tôi cho rằng nhiều điều dự báo trong cuốn sách này không nên được xem là hình ảnh chuẩn xác của tương lai, nhưng là hình ảnh của tương lai mà ta mong muốn.

Khi nghi vấn về tương lai, 'Mình sẽ là ai?', các cơ quan chính phủ có khuynh hướng đưa ra các báo cáo đúng mực với đầy đủ các bản đồ và thống kê, chủ yếu dựa trên sự ngoại suy dần dần từ thời điểm hiện tại. Mặt khác, các nhà tương lai học thường hình dung về 'sự thay đổi không liên tục' và 'các điểm kỳ dị:' hiện trạng sụp đổ một cách đột ngột, một nét đứt gãy trong biểu đồ do một công nghệ hoặc một cuộc khủng hoảng chính trị không lường trước tạo ra. Trong khi đó, giới nghệ sĩ và nhà văn lại đưa ta du hành trong trí tưởng tượng qua những câu chuyện điên rồ, thậm chí là ghê gớm khủng khiếp, thường đượm vẻ châm biếm. Chúng ta sẽ sống trong một Thế Giới Mới Tốt Nhất, một chủng loài được nuôi cấy trong ống nghiệm ở Trại Giống Trung Ương; hoặc trên một hành tinh đã biến mất dưới tầng tầng lớp lớp những tòa siêu tháp, mà mỗi tháp lại là một quốc gia thu nhỏ; hoặc là giữa những tàn tích của Trận chiến

Ngày Tận thế, kể lại huyền thoại về những kỳ quan công nghệ trong phiên bản kiểu *Truyện cổ Caunterbury* của Geoffrey Chaucer. Chúng ta sẽ cần tất cả những số liệu, những giai đoạn chuyển tiếp và những tầm nhìn ấy, không phải vì chúng sẽ cho ta câu trả lời, nhưng bởi vì ta phải cố gắng phát hiện những cái bẫy mà ta đã tự đặt ra cho chính mình. Như nhà văn người Mỹ Richard Powers từng nói: 'Người ta muốn mọi thứ. Đó là vấn đề của họ.'

2
Sinh quyển

Gaia Vince

Bình minh ló dạng trên bờ Thái Bình Dương ở Costa Rica và cái bóng màu xanh-đen của một người đàn ông ở mép nước đang dần trở nên sinh động dưới bầu trời chỉ toàn màu hồng. Tôi tắt đuốc. Jairo Quirós Rosales và tôi là những người duy nhất trên bãi biển đen kịt rộng lớn này, nơi một bãi cát núi lửa trải dài vài dặm về phía bắc. Jairo đang vẫy tay gọi, và tôi nhanh chóng chạy đến bên anh, ánh mắt quét quanh bờ biển u ám. Trời sáng dần, tôi nhận ra đám kền kền buồn thảm như những chấm đen ở xa xa, và lũ chó lai các loại lộ ra khỏi bóng tối đang hít hà mùi của đêm từ bãi cát.

Và rồi tôi thấy chúng: khoảng 100m về phía xa trên bãi biển, giống như những hòn đá kỳ lạ đầy bướu, hàng trăm con vích đang bò từ đại dương lên bờ để đẻ trứng. Sự kiện này là *arribada*, tiếng Tây Ban Nha có nghĩa là 'cập bến', và tôi đã chờ hơn một tháng để chứng kiến nó. Háo hức, tôi nắm lấy cánh tay Jairo mà kéo nhanh về phía những con rùa biển. Anh hơi ngạc nhiên, nhưng chỉ mỉm cười. Mặc dù trước đây chưa từng gặp nhau, nhưng

hai chúng tôi cũng đã thân quen ở một mức nào đó nhờ điện thoại – hay đúng hơn là, những cuộc gọi điện thoại mè nheo liên tục để hỏi khi nào *arribada* sẽ đến đã khiến tôi thích chàng nghiên cứu sinh bẽn lẽn người Costa Rica này. Chúng tôi nói chuyện bằng tiếng 'Anh Ban Nha' – tiếng Anh của anh ấy tốt hơn tiếng Tây Ban Nha của tôi, nhưng như với hầu hết các cuộc hội thoại khác, có những khái niệm sẽ được biểu hiện tốt nhất trong những ngôn ngữ khác. *Arribada* là một trong số đó.

Hầu hết các cá thể rùa biển đều đẻ trứng riêng biệt, vào những thời điểm khác nhau trong năm, để trứng có thể nở vào thời điểm và ở nơi chốn khó lường, tránh khỏi tầm ngắm của những kẻ săn mồi. Nhưng loài vích (và người anh em thân cận của nó, vích Kemp) lại phát triển một chiến lược đẻ trứng độc nhất – đẻ trên diện rộng. Bằng cách đẻ trứng cùng một thời điểm, rất nhiều vích con sẽ được sinh ra và những kẻ săn mồi sẽ không thể ăn hết và bị áp đảo. Nó được gọi là chiến lược 'áp đảo kẻ săn mồi' (predator swamping). Loài vích xuất hiện hàng loạt vài lần trong năm, chỉ ở một vài nơi trên thế giới, và bãi biển Ostional ở Costa Rica là một trong số đó.

Khi hai chúng tôi hòa nhịp bước dọc bờ biển trơn mịn, dòng những con vích hiện ra từ biển cả như những cỗ xe tăng xâm nhập bãi biển – một hạm đội các bà mẹ bò sát cổ đại được nội tiết tố thúc đẩy, đang ghé vào bờ để gửi lại món hàng quý giá của chúng. Jairo chỉ về phía biển, nơi một hàng mai rùa đang nổi lập lờ song song với bờ, những cái đầu nhỏ nhô lên để thở và chờ đến

lượt mình. Phía trước chúng tôi bãi biển bắt đầu nhấp nhô những mái đầu hình trái tim, mai màu ô liu đang bò qua gấp gáp. Dễ đến cả chục ngàn con như thế đang tụ lại trên bãi biển. Một vài trong số đó, sau khi đã hoàn tất trọng trách của mình, đang trên đường trở về đại dương, nâng cái mai nặng nề, của chúng lên trước làn sóng các "đồng chí mang thai" khác trên đôi chân hình mái chèo hoàn toàn không phù hợp với cuộc diễu hành trên cạn. Kiệt sức, chúng chờ đợi những con sóng táp vào bờ cuốn chúng ra biển khơi.

Tôi say mê khung cảnh đó. *'Maravilloso'* (Tuyệt vời quá), Jairo nhìn tôi đồng ý. Anh thức dậy từ 2 giờ sáng và đã nhìn thấy cảnh này không biết bao nhiêu lần, vậy mà cả anh cũng cảm động thấy rõ. Rùa biển thường ẩn mình khỏi con người nhờ thế giới dưới nước của chúng, còn chúng ta thì bị ràng buộc trên đất cạn này. Tôi đã may mắn được ngắm chúng thật gần, trong khi lặn biển, nơi chúng di chuyển dễ dàng và duyên dáng đến ngạc nhiên. Quả không bình thường khi thấy những động vật hoang dã lớn ở cự ly gần, và được thấy rất nhiều – được rất nhiều con vật như thế vây quanh – là điều thật không thể tưởng tượng nổi. Vích, cũng như tất cả các loài rùa biển khác, đang trên bờ tuyệt chủng vì chúng ta.

Những con khủng long sống dưới lớp mai cứng này chỉ là một trong 23.000 loài trên thế giới hiện đang bị đe dọa tuyệt chủng. Giờ đây, loài người thống trị hầu khắp hành tinh đến mức chúng ta đang đẩy các động thực vật hoang dã ra khỏi bề mặt Trái Đất. Chúng ta đã sử

dụng hơn một nửa đất đai của thế giới cho lương thực, thành phố, đường sá và hầm mỏ; chúng ta sử dụng hơn 40% sản lượng sơ cấp của hành tinh (tất cả mọi thứ chế biến từ thực vật và động vật); và chúng ta kiểm soát 3/4 lượng nước ngọt. Con người hiện là loài động vật lớn với số lượng nhiều nhất trên Trái Đất và đứng thứ hai trong danh sách đó chính là những con vật được chúng ta nhân giống để phục vụ mình. Những thay đổi trên cấp độ hành tinh giờ đây đang đe dọa gây tuyệt chủng cho 1/5 sinh vật, gấp khoảng một nghìn lần tỉ lệ tuyệt chủng tự nhiên – chúng ta đã mất một nửa số động vật hoang dã chỉ trong vòng 40 năm qua, và các nhà sinh học đã cảnh báo rằng chúng ta đang bước vào cuộc Đại Tuyệt chủng thứ Sáu trong lịch sử Trái Đất. Để so sánh thì, các cuộc Đại Tuyệt chủng trước đó, bao gồm cả sự kiện đã giết chết nhiều loài khủng long, là kết quả của các thảm họa như va chạm với các tiểu hành tinh khổng lồ hoặc phun trào núi lửa.

Thế giới tự nhiên đang quay cuồng bởi các tác động toàn cầu của chúng ta, và đối với rùa, cũng như nhiều loài khác, tình hình chỉ trở nên tồi tệ hơn mà thôi. Vậy ta có nên quan tâm không? Có thực sự quan trọng không nếu một loạt các loài động vật mà ta hiếm khi thấy biến mất? Mối quan hệ giữa con người với thế giới tự nhiên rất phức tạp – để hiểu mẫu hình tuyệt chủng hiện tại, chúng ta cần xét đến lối sống và sinh kế của mình, cũng như những ham muốn và động lực của chúng ta, tất cả mắc trong một môi trường toàn cầu phức tạp.

Với tôi, câu chuyện về *arribada* đem đến cái nhìn sâu sắc và rất riêng về một vấn đề ở cấp độ hành tinh, lớn hơn rất nhiều so với bất kỳ cá nhân nào. Tất nhiên, các chi tiết với mỗi loài động vật hoặc thực vật đang đấu tranh để tồn tại trên một hành tinh mà con người thống trị là khác nhau, nhưng những cảm xúc và động lực của con người thì phổ quát. Điều làm cho Ostional trở nên phi thường chính là người dân địa phương đã tìm ra cách để tận dụng tài nguyên thiên nhiên của họ nhưng vẫn bảo vệ nó. Và đó là chìa khóa: ta không thể bảo vệ sinh vật hoang dã của thế giới trừ phi ta cũng bảo vệ những nhu cầu của loài người vốn dựa vào các sinh vật ấy.

Khi chúng tôi đi bộ dọc bãi biển, Jairo bắt đầu đếm những con vích, ước tính số lượng cá thể giữa các vị trí thường đặt biển bảo vệ, bằng cách quan sát những chiếc mai và dấu vết kỳ lạ mà chúng để lại trên cát khi di chuyển lên xuống. Sau này các nhà nghiên cứu sẽ đếm lại chính xác hơn, anh nói, nhưng tính toán sơ bộ cho thấy đã có hơn 10.000 con vích trong sự kiện *arribada* lần này. Một vài trong số chúng sẽ được gắn thẻ, kiểm tra cân nặng, kích thước, và nhập thông tin vào một cơ sở dữ liệu quốc tế để theo dõi. Nhưng trước tiên, anh muốn cho tôi xem thứ này.

'*Venga* [Thôi nào],' anh giục và dẫn tôi lên phía trên bãi biển, đến nơi mà mặt cát phẳng ẩm ướt dễ dàng chuyển thành những đụn cát khô mềm mại. Tại đây, bên trên bờ biển, là nơi vích làm ổ. Một con vích mới đến đã lên đây và đang bắt đầu đào cát ở chỗ đã chọn.

Jairo và tôi ngồi xuống để quan sát "cô" vích này. Bằng chân chèo phía trước của mình, cô đào cát, gạt sang trái và phải, thường xuyên phủ lên chân tôi. Cứ thế, cô tiếp tục đào một lỗ rộng và sâu hơn, tiếp tục một nghi thức đã được thực hiện từ thời kỳ của khủng long – thời kỳ mà bò sát là loài cai trị, khi hành tinh này ấm hơn và hoang dã hơn, các động vật phát triển đến kích thước khổng lồ (như loài Rùa Archelon dài 3 mét của Kỷ Phấn trắng, hay Rùa Stupendemys nặng 2 tấn xuất hiện gần đây hơn), khi ấy một cái mai cứng là đủ để bảo vệ mình trước kẻ săn mồi, và chẳng có con người hay bất cứ thứ gì giống chúng ta trên Trái Đất. Chỉ sau vài phút, cái lỗ đã sẵn sàng cho cô vích nhẹ nhàng xoay mình xuống, hạ thấp đuôi trước tiên. Từ đây, cô dùng chân chèo phía sau để đào sâu hơn, đẩy nhiều cát hơn lên chúng tôi, theo cái cách mà tôi chỉ có thể giải thích là cố ý, vì cô đã nhìn thẳng vào tôi khi làm vậy.

Khi cuối cùng cũng hài lòng với cái lỗ, cô vích đã sẵn sàng cho việc đẻ trứng. Và bây giờ việc lâm bồn mới thực sự bắt đầu. Mai của cô nâng lên bằng một nỗ lực rất dứt khoát và đôi mắt cứ nhìn chằm chằm vào vô định khi cô rơi vào trạng thái nửa tỉnh nửa mê. Bên dưới cô, trong cái ổ mà cô đã ước lượng nhiệt độ, độ sâu và khoảng cách đến đại dương thật chuẩn xác, cô đang lần lượt đặt vào đó những quả trứng của mình – lý do tồn tại về mặt tiến hóa, vật liệu di truyền liên kết cô với mẹ, với bà ngoại, quay ngược tới Kỷ Phấn trắng, và theo một cách thức cơ bản nào đó, liên kết với đứa em họ xa lạ của

mình là tôi. Hơi thở của cô dần trở nên mạnh hơn, trước nỗ lực ấy hơi ẩm tụ lại quanh lỗ mũi của cô. Mặc cho sự xa cách vì phân chia lớp động vật, từ động vật có vú đến bò sát, tôi vẫn cảm thấy đồng cảm sâu sắc với người mẹ này. Xung quanh chúng tôi, trong khu thai sản rộng lớn này, các bà mẹ khác cũng hoặc đang đào cát hoặc đang đẻ trứng. Và giữa chúng là kền kền và chó lai len lén, chực chờ đào những quả trứng mới đẻ.

Mỗi con vích đẻ khoảng 100 quả trứng, nhưng trong số hơn 10 triệu quả trứng của lần *arribada* này, trung bình chỉ có khoảng 0,2% tồn tại tới khi nở. Và sau khi nở, chỉ 1% trong số đó có thể sống đến tuổi trưởng thành. Một phần của vấn đề là chính kỳ *arribada*, kéo dài khoảng năm đêm. Việc có quá nhiều rùa đẻ trứng ở một bãi biển tương đối nhỏ đồng nghĩa với việc những con đến vào đêm hôm sau sẽ đào lên và phá hủy trứng của đêm hôm trước, dẫn đến việc nhiễm khuẩn và thế là diệt luôn cả hai bộ trứng. Ngoài ra, bởi thời gian ấp trứng ít nhất là 45 ngày, nhưng các đợt *arribada* lại thường diễn ra vào những tháng liền nhau, một con rùa đến làm ổ cũng có thể đào lên và làm hỏng trứng từ những lần *arribada* trước đó.

Bọn kền kền sẽ mở tiệc từ phần còn lại của những quả trứng bị đào bới lung tung. Chúng không thể đào trứng từ ổ, nhưng chó thì có, và bất cứ nơi nào có con người, chúng ta cũng mang theo chó. Chó ở đây là một mối đe dọa, không chỉ cho những con rùa tới sinh, mà còn cho trứng và quá trình ấp trứng. Jairo xua lũ chó đi,

nhưng chúng đã nhanh chóng quay lại. Anh hỏi tôi có muốn xem thêm không, và tôi gật đầu. Thật cẩn thận, anh gạt đụn cát ra khỏi đuôi của "cô vích" bên cạnh chúng tôi và tôi liếc qua. Sâu trong ổ của cô là những quả trứng màu trắng lấp lánh, lớn cỡ quả bóng bàn. Từ phía sau đuôi của cô, buồng trứng nần nẫn đang lộ ra và trong khi tôi quan sát như bị thôi miên, nó lại nhả xuống một quả bóng quý giá khác, tiếp theo là một tia nhớt trong bảo vệ để phủ lên những quả trứng có thể được ngấm qua. Chúng tôi xem thêm vài quả trứng nữa rơi xuống rồi Jairo lấp cát lại và chúng tôi ngồi xuống.

Loài rùa đã khéo léo thích nghi với môi trường sống của mình – chúng đã sống sót mà gần như không thay đổi gì kể từ Kỷ Tam điệp – và có thể sống tới hơn một thế kỷ trong tự nhiên, vẫn sinh sản rất tốt khi về già. Nhưng, trong Kỷ Nhân sinh, thời đại mà con người thống trị này, có lẽ chúng phải đối mặt với thách thức khó khăn nhất trong vòng hơn một triệu năm. Những bãi biển nơi chúng làm ổ đẻ trứng giờ đang bị xâm phạm bởi sự phát triển cùng con số áp đảo người và chó. Nội những chiếc đèn thôi cũng gây ra nhiều vấn đề, làm rùa và rùa con bối rối vì chúng dựa vào ánh trăng để định vị. Những chú rùa ấy đang bị giết hại và bị thương do ảnh hưởng từ tàu thuyền, vướng vào lưới đánh cá, và chết vì nuốt phải nhựa và các chất gây ô nhiễm khác. Việc đánh cá quá mức và phá hủy các rạn san hô, nơi rùa kiếm ăn, cũng đe dọa nguồn thức ăn của chúng. Và biến đổi khí hậu cũng ảnh hưởng đến chúng – nước biển dâng cao và

bờ biển bị xói mòn làm giảm diện tích đất có sẵn để làm ổ, và một số bãi biển trở nên vô dụng với rùa, chưa kể việc nhiệt độ ấm hơn còn gây ra những thay đổi đáng lo ngại về giới tính của rùa. Giới tính của một con rùa phụ thuộc vào nhiệt độ của trứng ấp. Trứng ấm hơn phát triển thành con cái; trứng lạnh hơn phát triển thành con đực. Báo cáo từ các nhà sinh vật học cho thấy rằng sự ấm lên toàn cầu đã dẫn đến mất cân bằng trong giới tính của một số loài bò sát, với những hậu quả đáng lo ngại về giao phối và sự tồn tại của loài rùa. Chẳng hạn, tháng trước, một chuyện bất thường đã xảy ra đó là *arribada* đã không diễn ra, và việc thiếu hụt rùa đực được coi là một trong những nguyên nhân.

Tuy nhiên, cho đến nay, mối đe dọa lớn nhất đối với loài rùa là nạn săn trộm. Khắp thế giới, hàng loạt những con vích cái trong thời gian đẻ trứng đã bị giết ngay trên bãi biển để mổ lấy thịt, da và mai, còn trứng của chúng thì được buôn bán như một món cao lương mỹ vị. Trong hai mươi năm qua, chỉ trong vòng một thế hệ, số lượng vích trên toàn cầu đã giảm đi một phần ba. Buôn lậu động vật hoang dã là một ngành công nghiệp toàn cầu trị giá hơn 12 tỷ bảng/năm, nó đe dọa sự ổn định của chính quyền cũng như sức khỏe con người – khoảng 70% các bệnh truyền nhiễm có nguồn gốc từ động vật. Việc buôn lậu động vật hoang dã thường được thực hiện bởi các mạng lưới tội phạm tinh vi vốn cũng đang làm phá hoại nỗ lực của chính phủ nhằm ngăn chặn các giao dịch bất hợp pháp khác, như buôn lậu vũ khí và ma túy, tài

trợ cho các xung đột khu vực. Các tay buôn lậu thường dùng uyển ngữ hoặc mô tả sản phẩm là 'nuôi nhốt' để có thể đem bán trên các trang web toàn cầu, như eBay. Hơn một nửa số động vật hoang dã bị giao dịch bất hợp pháp có điểm đến cuối cùng là Trung Quốc.

Các nhà bảo tồn như Jairo và một vài nhân viên bảo vệ của chính phủ thường tuần tra bãi biển trong mỗi kỳ *arribada*, nhưng họ chẳng là gì so với bọn săn trộm kiên quyết, những kẻ sẽ đem bán trứng rùa như là thuốc tráng dương ở chợ đen. Ở phía Caribbe của Costa Rica, tôi đã thấy trứng rùa được mua bán công khai và dùng làm món ăn ở các quán bar và quán cà phê. Tại bãi biển Moin, cũng nằm trên đường bờ biển này và vốn được loài rùa da vốn đang bị đe dọa dùng làm nơi đẻ trứng, nạn săn trộm tràn lan đến nỗi các nhà bảo tồn trẻ tuổi – nhiều người trong số đó là tình nguyện viên – đã đua nhau chạy đến các địa điểm làm ổ để đào trứng và chôn chúng ở những nơi khác, bí mật và an toàn hơn. Những tên săn trộm, nhiều trong số đó còn là tội phạm ma túy, đã dùng tới bạo lực, đe dọa và tấn công các nhà bảo vệ môi trường. Tháng 05/2013, trong khi đang thu thập trứng rùa để đưa đến chỗ an toàn, một nhà bảo tồn trẻ, Jairo Mora, đã bị bọn săn trộm bắt cóc và sau đó sát hại. Chẳng có kẻ nào bị bỏ tù vì tội sát nhân và Mora trở thành cái tên tiếp theo trong danh sách nối dài của những nhà bảo vệ môi trường bị sát hại vì bảo vệ động vật hoang dã ở Costa Rica cùng nhiều nơi khác. Trong năm 2015, năm gần nhất được thống kê, đã có 185

nhà bảo vệ môi trường bị thiệt mạng khi đang bảo vệ tài nguyên thiên nhiên trên toàn cầu. Chỉ một phần rất nhỏ trong số vụ sát hại này được đưa ra xét xử và kết án.

'Anh có lo lắng về sự an toàn của bản thân mình, mỗi khi ra ngoài đây một mình vào ban đêm không?' Tôi hỏi Jairo. 'Không, Caribbe thì khác,' anh đáp. Nhưng sau đó anh thừa nhận, 'Đôi khi' [tôi cũng sợ]. Kể từ vụ sát hại Mora, hầu hết các nhà bảo tồn khác đều quá sợ hãi nên không dám tuần tra bãi biển Moin, và thế là những tên săn trộm tha hồ hoành hành mà chẳng còn bị ai ngăn chặn. Tuy nhiên, những người như Jairo vẫn coi việc bảo tồn động vật hoang dã đáng để mạo hiểm sự an toàn của chính họ.

Trời dần sáng hẳn, cũng đã gần 6 giờ. Jairo dù mệt nhưng vẫn mỉm cười. Bãi biển mà chúng tôi đã có cho riêng mình nay sắp sửa bị xâm chiếm. "Cô vích" của chúng tôi đã hoàn thành việc đẻ trứng – cô cẩn thận che phủ ổ bằng cát, rồi vụng về bò xuống bờ biển, cùng với các bà mẹ khác trở về đại dương, từng người đều đã hoàn tất thiên chức duy trì nòi giống của mình. Tôi có cảm giác thật lố bịch khi làm chủ địa điểm đẹp đẽ này, sau khi quan sát những con rùa chen lấn trên bãi cát và chứng kiến nỗ lực âm thầm của một bà mẹ sinh ra thế hệ tiếp theo, ở thời khắc đêm chuyển thành ngày. Từ ngôi làng phía cuối bờ biển, tôi thấy một nhóm khoảng 40 người đang tiến lại gần, trên tay là những bao tải và giỏ mây.

Con người vẫn luôn khai thác tài nguyên môi

trường để lấy thực phẩm, năng lượng và phục vụ mọi nhu cầu của mình. Chúng ta rất xuất sắc trong việc ấy và điều đó khiến chúng ta trở thành một giống loài thành công khi có thể sống lâu hơn và tốt hơn bao giờ hết, và hiện tại còn đang thống trị thế giới. Trong quá khứ, các hoạt động của con người đã dẫn đến một vài đợt tuyệt chủng địa phương, nhưng hiện nay, với hơn 7 tỷ người đang hành động trên quy mô công nghiệp toàn cầu, đe dọa bất cứ nguồn tài nguyên nào mà chính chúng ta đang phụ thuộc vào. Phải chăng chúng ta chỉ là một phần của tự nhiên, đang làm những gì mà tự nhiên làm: sinh sôi đến giới hạn của môi trường, và sau đó sẽ phải gánh chịu một thảm họa dân số? Hay chúng ta là loài đầu tiên có khả năng tự quyết định, có khả năng điều chỉnh những ham muốn tự nhiên và quản lý việc tước đoạt tài nguyên thiên nhiên để có thể duy trì khả năng sinh tồn trong tương lai?

Trong vài thập niên vừa qua, cộng đồng ở đây đã cố gắng làm một điều gì rất đặc biệt – một thử nghiệm gây tranh cãi nhằm duy trì một quần thể rùa bền vững đồng thời đem lại lợi ích cho người dân địa phương nghèo khó. Ostional là nơi duy nhất trên thế giới mà thu hoạch trứng vích là việc hợp pháp.

Malena Vega lại gần tôi, nở một nụ cười ấm áp trên gương mặt tròn trịa. Chúng tôi từng trò chuyện một vài lần trên điện thoại và bà rất vui lòng đề nghị tôi tham gia các hoạt động hôm nay. Bà ngước lên nhìn Jairo và anh xác nhận rằng có hơn một nghìn con rùa đang làm ổ trên

bãi biển, số lượng tối thiểu cần thiết để thu hoạch trứng hợp pháp. Với một cái vẫy tay thân thiện, anh quay trở lại trạm nghiên cứu để tranh thủ chợp mắt trước ca làm việc buổi tối, ngay lúc đó, một tiếng còi vang lên và quá trình thu thập trứng có thể bắt đầu.

Cuối những năm 1980, đại diện của dân làng đã đến gặp các nhà sinh vật học đang nghiên cứu *arribada* để hỏi xem liệu mình có thể làm gì để hợp pháp hóa việc thu hoạch trứng một cách bền vững hay không. Họ lo lắng về một lượng lớn những tên săn trộm đang đến gần khu làng, ăn cắp trứng và đe dọa người dân. Với sự hợp tác từ chính phủ và một tổ chức phụ nữ tự điều hành Hiệp hội Phát triển Ostional được thành lập để cho phép một số gia đình thu hoạch số lượng trứng hạn chế vào ba buổi sáng đầu tiên của *arribada*. (Dù sao thì những quả trứng này cũng sẽ bị hư hại trong những lần làm ổ tiếp theo, và các nhà nghiên cứu tính toán tỉ lệ nở sẽ cao hơn 5% nếu đợt trứng trước được loại bỏ.) Một phần trong thỏa thuận này là cộng đồng sẽ dọn dẹp bãi biển cũng như bảo vệ những con rùa và trứng của chúng khỏi bọn săn trộm, đồng thời quản lý số lượng khách du lịch ồ ạt đến Ostional trong kỳ *arribada*. Những quả trứng thu về sẽ được cấp giấy phép để bán với giá bằng trứng gà nhằm ngăn chặn tình trạng chợ đen, và lợi nhuận sẽ được sử dụng cho các dự án cộng đồng.

Xung quanh tôi, những người đàn ông và phụ nữ địa phương đang nhảy một điệu tarantella trên bãi cát, giậm nhẹ đôi chân trần trên cát để tìm ổ trứng. Mỗi

người đều có một phần trang phục mang họa tiết hình rùa – có thể là vòng cổ hoặc một chiếc áo phông. Từng người một, họ đào bới và nhặt nhạnh. Lúc này có rất ít rùa trên bãi biển – đợt sóng tiếp theo sẽ không xô bờ cho đến khi màn đêm buông xuống. Malena ngồi xổm bên cạnh tôi, hai tay di chuyển nhịp nhàng trong cát để khám phá lớp dày đặc hơn bên dưới. Tim tôi thắt lại khi nhận ra đây là ổ của *cô vích*, rằng chính mắt tôi đã xem thấy nó được đào thật kỹ lưỡng, được lấp đầy và được che phủ.

'Đến đây nào,' Malena gọi. Tôi chạy tới gần và bà nắm lấy tay tôi mà đẩy vào ổ. 'Cô cảm thấy chúng chứ?', bà hỏi. Tôi thò sâu hơn một chút, nhưng nhẹ nhõm khi chỉ thấy cát mà thôi. Malena thò tay vào, và thật chuyên nghiệp, bà lấy ra một vài quả trứng và đặt vào bao của mình. 'Thử lại đi nào,' bà bảo.

Lần này, tôi khum tay lại, phỏng theo góc của Malena và có thể cảm nhận được những quả trứng. Tôi kéo ra một quả. Malena vỗ tay khen và tiếp tục thò tay vào ổ, lấy thêm vài quả trứng cho vào bao. Bà đã lấy sạch ổ trứng, phủ nó lại và bước thêm vài mét đến một cái ổ khác. Tôi ngồi xuống, cầm trên tay quả trứng mà mình lấy được. Nó mềm, ấm và có cảm giác giống như da, đang hơi méo trong cái nắm chặt của tôi. Tôi đã trở thành tên trộm trong những cơn ác mộng của mình, tước đoạt ngay khi người mẹ vừa rời đi. Đây là phản đề cho nền văn hóa có trách nhiệm với môi trường tự nhiên mà tôi đã được nghe suốt – ăn cắp trứng đã là xấu, nhưng

ăn cắp trứng của một loài động vật đang được bảo vệ là không thể tha thứ.

'Cô có thể ăn trứng sống thế này này,' Malena gọi. Và bà minh họa ngay lập tức, bóc vỏ trứng và đổ ngay vào miệng. Xung quanh tôi, trong thời gian rất ngắn, các bao tải đã chứa đầy trứng. Ở bãi cát đen này trời đã nóng rồi và ai nấy đều muốn trở lại với bóng râm của ngôi làng. Tôi giúp Malena buộc bao của mình lại và cùng nhau hai chúng tôi lê bước về nhà bà. Trên đường đi, với rất nhiều lần dừng lại – trứng rùa trông vậy mà nặng hơn tôi tưởng – Malena, người hiện đang là chủ tịch Hiệp hội Phát triển Ostional, kể cho tôi nghe cách mà dự án này đã giúp thay đổi cộng đồng. Ostional là một ngôi làng nông thôn nhỏ, nghèo nàn, nằm giữa hai con sông, những rặng núi và đại dương. Vào mùa mưa, khi nước lụt dâng lên từ bờ sông, dân làng bị cô lập hoàn toàn và phải sống dựa vào bất cứ loại thực phẩm nào họ trữ được. Nhiều người đã bỏ lại Ostional để tới các thành phố, nơi cho họ việc làm. Nhưng giờ đây, bà nói, việc cấp phép bán trứng đã cho người dân đủ tiền công để sinh sống, đồng thời còn chi trả chi phí đào tạo, trợ cấp thai sản và lương hưu. Mọi người đang quay trở về làng và kiếm sống ở đây. 'Rùa là nguồn sống của chúng tôi,' bà nói. 'Chúng tôi yêu chúng. Rùa là tất cả mọi thứ đối với chúng tôi.'

'Nhưng không phải đây chỉ đơn giản là sự hợp pháp hóa việc săn trộm mà các người đã làm trước đây hay sao?' tôi hỏi. 'Nơi này trước đây là một nơi nguy

hiểm,' Malena nói. 'Bãi biển luôn bẩn thỉu và đầy những kẻ săn trộm đến từ khắp mọi nơi. Sau đó cảnh sát tới và đã có những cuộc đấu súng. Bà tôi không may bị bắn nhầm, và bà đã chết. Sau đó, chúng tôi đã quyết định: Không thể như vậy nữa! Đây là ngôi làng của chúng tôi và những chú rùa của chúng tôi.' Tôi bị ấn tượng trước quyết tâm mãnh liệt của người phụ nữ này – giờ cũng đang là một người bà – và trước những gì bà cùng những phụ nữ hàng xóm đã đạt được.

Chúng ta đang cần nguồn tài nguyên của thế giới hơn bao giờ hết – để phát triển nền kinh tế của các nước nghèo và hỗ trợ dân số đang ngày càng gia tăng. Nhưng chúng ta cần tìm cách khai thác tài nguyên *bền vững*. Việc Malena và hàng xóm của mình đang làm ở Ostional cũng đang được thử trong các khu rừng mưa nhiệt đới với cây gỗ, và trong các đại dương với cá. Còn quá sớm để khẳng định rằng liệu con người có thực sự đủ khả năng hạn chế được việc khai thác các tài nguyên đang bị đe dọa này ở mức độ bền vững hay không. Nhưng những dấu hiệu ban đầu cho thấy khi nhu cầu lâu dài của cộng đồng sống trong các môi trường dễ bị tổn thương này được tính đến, thì hệ sinh thái cũng được quản lý tốt hơn, có lẽ vì xu hướng vị tha của con người đối với các loài khác và việc chăm sóc môi trường gia đình được gợi đến.

Giờ thì chúng tôi đã đến nhà Malena, một ngôi nhà gỗ giản đơn được chia đều thành các ô nhỏ, nơi bà sống cùng con gái, cháu gái và một vài con gà. 'Cô phải thử

miếng tortilla (bánh mì ngô) mới được,' bà vừa cười vừa liệt kê hàng loạt lợi ích cho sức khỏe. Trong khi Malena làm nóng chảo trên bếp, xắt rau mùi và hành tây, rồi đánh một bát trứng rùa vừa nhặt về, tôi suy ngẫm về sự kỳ lạ và ngẫu nhiên của giá trị của những sinh vật ban tặng – và những hậu quả nặng nề đến thế nào của chúng. Nhiều nhà hoạt động môi trường tin rằng việc thu hoạch trứng hợp pháp ở đây đã góp phần giết chết Jairo Mora vì nó đảm bảo một thị trường cho trứng rùa. Tuy nhiên, tôi tin rằng tầm quan trọng của thị trường trứng đối với nền kinh tế Ostional cũng đang mang lại cho rùa sự bảo vệ tốt hơn rất nhiều.

Trong thời đại con người mới này, chúng ta chẳng thể để mặc thế giới tự nhiên tự xoay xở trước sự tấn công dữ dội của chính chúng ta – bởi theo cách đó thì chỉ có cỏ dại mới tiếp tục sống nổi. Nếu còn muốn nhìn thấy động vật hoang dã, chúng ta phải tích cực bảo vệ chúng. Ở cấp độ toàn cầu, loài rùa hiếm khi hữu dụng đối với chúng ta. Tuy nhiên, cá nhân tôi không muốn sống trong một thế giới nơi chúng không còn tồn tại. Trên hành trình cố gắng tìm ra cách để dung hòa nhu cầu của thế giới con người và thế giới tự nhiên, Ostional cho chúng ta thấy rằng mọi chuyện không nhất thiết phải là một mất một còn. Sự thật là để bảo vệ động vật hoang dã, bạn cũng phải bảo vệ cuộc sống của con người.

Cơ mà trứng rùa ốp-lết thật sự rất ngon.

3
Biến đổi khí hậu

Julia Slingo

Bối cảnh

Biến đổi khí hậu sẽ là một trong những thách thức mang tính định hình của thế kỷ 21, cách chúng ta phản ứng sẽ quyết định sự thịnh vượng, sức khỏe và hạnh phúc của chúng ta, cũng như tính bền vững của môi trường tự nhiên của Trái Đất trong tương lai. Năm 2015, hơn 190 quốc gia đã đồng ý chung tay hành động nhằm hạn chế sự gia tăng nhiệt độ bề mặt của Trái Đất ở mức dưới 2^0C, và tốt nhất là 1.5^0C nếu có thể. Khi nhìn lại, các thế hệ tương lai có thể xem năm 2015 như một bước ngoặt trong quá trình điều chỉnh giữa chính sách và khoa học. Nhưng chúng ta nên hiểu những điều này như thế nào, và viễn cảnh ảm đạm về những phản ứng của chúng ta trước thách thức của biến đổi khí hậu có thể có ý nghĩa gì đối với cách ta sống và nơi ta sống.

Hãy bắt đầu bằng hai từ – khí hậu và biến đổi. Từ *khí hậu* mô tả một mức trung bình trong quãng thời gian dài hạn – thường là trên 30 năm hoặc lâu hơn – của các

yếu tố như gió, nhiệt độ và lượng mưa, mà chúng ta có thể coi là ổn định. Đó là những gì chúng ta mong đợi, theo năm và theo mùa. Nhiều xã hội và nền kinh tế giờ đây đang tinh chỉnh tùy theo tình trạng khí hậu hiện tại – Ấn Độ là một ví dụ điển hình, nơi sự trở lại thường xuyên của những cơn mưa gió mùa là rất cần thiết cho an ninh về nước, lương thực hay năng lượng, và bất kỳ sự chậm trễ hay thất bại nào của gió mùa cũng có thể gây ra tác động rất lớn đến nền kinh tế của đất nước. Nhưng theo câu nói nổi tiếng (đôi khi được gán cho Mark Twain, nhưng nhiều khả năng tác giả thực sự là Andrew John Herbertson, một nhà địa lý người Anh và Giáo sư tại trường Oxford) – 'Khí hậu là những gì bạn mong đợi, thời tiết là những gì bạn nhận được.' Do đó, khi nói về khí hậu, ta cũng cần suy nghĩ về các kiểu hình thời tiết tạo nên khí hậu, đặc biệt là thời tiết khắc nghiệt, tần suất xảy ra và những ảnh hưởng có thể có của chúng đối với chúng ta. Thực tế, chúng ta trông đợi những tác động sâu sắc nhất của biến đổi khí hậu thì liên quan đến các hiện tượng thời tiết cực đoan – gió bão, lũ lụt, cháy rừng, nước dâng do bão và sóng nhiệt.

Trong khi đó, từ *biến đổi* ám chỉ những gì khác với chuẩn mực thông thường – nhưng làm thế nào để định nghĩa chuẩn mực? Thời tiết và khí hậu của chúng ta thay đổi liên tục trên tất cả các kiểu khung thời gian, từ hàng giờ đến hàng thập niên, và sự thay đổi đó là một phần trong việc định nghĩa khí hậu. Một cách để định nghĩa sự biến đổi là khi thứ khí hậu mà chúng ta trải nghiệm

vượt ra ngoài những gì mà chúng ta, với tư cách một nền văn minh hiện đại, đã trở nên quen thuộc; đây chính là cách thức chủ yếu giúp các nhà khoa học đi đến khẳng định rằng bằng chứng cho biến đổi khí hậu là 'không thể chối cãi'.

Mặc dù vậy, rõ ràng là, khi nhìn lại lịch sử, khí hậu của Trái Đất luôn luôn thay đổi, chẳng hạn như trong và ngoài những Kỷ Băng Hà gần đây, hoặc xa hơn về quá khứ, khi Trái Đất ấm hơn và cacbon điôxit thì dồi dào hơn nhiều so với ngày nay. Vậy tại sao giờ ta lại lo lắng?

Có ba lý do khiến cho tình trạng biến đổi khí hậu ở hiện tại khác biệt với những biến đổi trong quá khứ. Đầu tiên là nguồn gốc của sự biến đổi. Ngày nay khí hậu của chúng ta đang biến đổi do nồng độ khí nhà kính trong khí quyển, đặc biệt là cacbon điôxit, đang tăng lên – và tăng lên rất nhanh. Chúng ta khai thác các loại carbon cổ đại vốn đã được hình thành trong hàng triệu năm như than đá, dầu lửa và khí đốt, rồi giải phóng chúng vào khí quyển qua quá trình đốt cháy trong quãng thời gian chỉ vài thập niên, nhằm thỏa mãn nhu cầu không thể đáp ứng của chúng ta về năng lượng để hỗ trợ các ngành công nghiệp và lối sống của ta. Không những thế, chúng ta còn thay đổi cách mà sinh quyển của Trái Đất hấp thu lại carbon, giúp giảm thiểu những ảnh hưởng của khí thải này, khi ta phá rừng và làm tăng tính axit của các đại dương. Và bởi vì cacbon điôxit là khí nhà kính, quá trình gia tăng phi tự nhiên và ồ ạt này đã làm cho nhiệt độ của Trái Đất tăng cao, kéo theo là tất cả các

tác động đi kèm cực đoan hơn về thời tiết và môi trường tự nhiên, như sóng nhiệt, hạn hán và lũ lụt, cùng sự biến mất của các biển băng và sông băng. Khi xem xét những thay đổi khí hậu trong quá khứ, chúng ta có thể thấy rằng chúng được dẫn dắt bởi những biến động rất chậm do quỹ đạo của Trái Đất quanh Mặt Trời. Những biến động này đầu tiên sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ, thứ sau đó dẫn đến phản ứng của các hệ sinh thái tự nhiên vốn kiểm soát lượng cacbon điôxit trong khí quyển. Tóm lại, những biến đổi trong quá khứ được thúc đẩy bởi các tác nhân rất khác biệt, và mặc dù chúng ta có thể học hỏi từ chúng, chúng không phải là trường hợp tương tự của những gì ta đang trải nghiệm ngày hôm nay.

Khác biệt thứ hai là tốc độ biến đổi khí hậu. Nồng độ cacbon điôxit hiện đang cao hơn 30% so với cách đây hơn 100 năm – và thực sự là nó cao hơn 30% so với bất cứ nồng độ cacbon điôxit nào từng xuất hiện trên Trái Đất trong vòng ít nhất là 800.000 năm. Nhiệt độ bề mặt trung bình của Trái Đất cho đến nay đã tăng khoảng 10°C trong vòng một thế kỷ qua, và đang trên đường tăng lên mức 20°C hoặc thậm chí nhiều hơn vào năm 2050, trừ phi chúng ta chịu hành động một cách nghiêm túc. Những con số này nghe có vẻ nhỏ, nhưng nên nhớ rằng sự biến đổi nhiệt độ của Trái Đất khi bước ra khỏi Kỷ Băng Hà gần nhất chỉ có 50°C! Bằng việc giải phóng quá nhanh các lớp cacbon cổ, chúng ta cũng đang tự hủy hoại sâu sắc những chu kỳ phản ứng tự nhiên cho phép các hệ sinh thái tiến hóa qua một giai đoạn biến đổi khí

hậu. Chúng ta có thể thấy chuyện này đã bắt đầu xảy ra qua việc mất đi nhiều môi trường sống tự nhiên và trong những thay đổi về mùa gây ảnh hưởng đến chu kỳ sống của nhiều loài sinh vật. Tốc độ biến đổi là quá nhanh để các loài thực vật và động vật di cư hoặc thích nghi. Dường như sự gián đoạn khí hậu này có thể có nhiều hậu quả sâu rộng đối với tính bền vững của nhiều hệ sinh thái tự nhiên trong những thập kỷ sắp tới. Đồng thời, chúng ta cũng đang 'vơ vét' các tầng ngậm nước cổ và lấy nước từ các con sông chính, nhiều đến mức mà đôi khi chúng không còn đủ để chảy ra đại dương nữa. Nói cách khác, chúng ta đang phá vỡ những chu kỳ chính của hành tinh này – chu trình nước và cacbon – và đưa Trái Đất vào một thời kỳ chưa từng có tiền lệ.

Khác biệt thứ ba nằm ở quy mô dân số loài người trong giai đoạn diễn ra biến đổi khí hậu này. Dân số của hành tinh đang gia tăng; các thành phố đang phát triển nhanh chóng, thường là dọc theo bờ biển; thế giới ngày càng phụ thuộc lẫn nhau theo cách phức tạp hơn – dựa vào hệ thống viễn thông toàn cầu, hệ thống vận tải hiệu quả và khả năng cung cấp lương thực, năng lượng và nước linh hoạt vượt những điều kiện khó khăn. Tất cả các hệ thống này vốn dĩ đã dễ bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết và khí hậu bất lợi; nay áp lực bổ sung đến từ sự biến đổi khí hậu sẽ tạo ra thêm một loạt bối cảnh mới và đặt ra những thách thức mới về mức độ an toàn của chúng ta trong tương lai. Hơn bao giờ hết, sự biến đổi khí hậu của thế giới đang có tác động trực tiếp và

gián tiếp đáng kể đến sinh kế, tài sản, hạnh phúc và sự thịnh vượng của chúng ta.

Vậy là chúng ta đang có mọi lý do để lo lắng và rất ít thời gian để hành động. Ngay từ năm 1990, cựu Thủ tướng Anh Margaret Thatcher đã nhận thấy mối đe dọa mà biến đổi khí hậu đặt ra:

> Giờ đây chúng ta có thể nói rằng mình đang có trong tay Báo cáo Giám định, nó cho thấy hệ thống đang có lỗi và việc sửa chữa cần phải bắt đầu ngay mà không được chậm trễ... Các thế hệ tương lai có thể gặp rủi ro lớn nếu chúng ta, dù đã nhận được cảnh báo sớm này, nhưng vẫn không chịu làm gì để khắc phục, hay đơn giản là lựa chọn thái độ: 'Tốt thôi! Lúc đó tôi cũng chết mất rồi!'... Vấn đề không nằm ở tương lai – chúng đang ở đây và ngay bây giờ – và chính con cháu chúng ta, những đứa trẻ vốn đang lớn lên, sẽ bị ảnh hưởng.

Chẳng có điều gì xảy ra trong vòng 25 năm qua, kể cả sự gia tăng số lượng các bằng chứng khoa học, làm giảm đi sự cấp bách trong thông điệp của bà Thatcher, vậy mà chúng ta vẫn cứ thích đánh bạc với tương lai.

Những gì ta biết và những gì ta chưa biết

Nhiệt độ đã tăng khoảng 10^0C kể từ thời kỳ tiền công nghiệp; diện tích biển băng Bắc Cực vào mùa hè đã giảm khoảng 40% kể từ khi thống kê được bắt đầu ghi lại vào năm 1979; mực nước biển đã dâng khoảng 3 mm/năm kể từ đầu những năm 1990; bề mặt Trái Đất ở mỗi thập

niên trong ba thập niên vừa qua đã trở nên ấm hơn so với bất kỳ thập niên nào trước đó kể từ năm 1850. Hơn bao giờ hết, chúng ta có thể tin rằng chính con người là 'nhân tố chủ chốt' gây ra sự gia tăng nhiệt độ từ những năm 1950 (Báo cáo Đánh giá thứ 5 của IPCC 2013).

Mặc dù chúng ta thường nhắc đến tính bất định của các dự báo khí hậu trong tương lai, vẫn có một số điều ta có thể chắc chắn. Chúng ta biết rằng Trái Đất sẽ tiếp tục ấm lên, chúng ta biết rằng tác động bất lợi của biến đổi khí hậu sẽ tăng không theo bất cứ tỉ lệ nào mỗi khi chúng ta chuyển lên mức nhiệt độ cao hơn, đồng thời nguy cơ xảy ra các biến đổi không thể đảo ngược và cực kỳ tai hại cũng ngày một tăng; chúng ta biết rằng nước biển sẽ tiếp tục dâng lên rất lâu sau khi chúng ta đã ổn định nhiệt độ bề mặt Trái Đất, và các tảng băng và các sông băng vẫn sẽ tiếp tục tan chảy.

Chúng ta cũng biết rằng, bất kể điều gì xảy ra với lượng phát thải cacbon trong tương lai, thì chắc chắn vẫn sẽ có biến đổi khí hậu ở mức độ nào đó, do lượng cacbon tích lũy trong khí quyển hiện tại. Điều này có nghĩa là việc tìm cách thích nghi là cần thiết, cho dù chúng ta có làm gì đi chăng nữa. Quy mô của các khoản đầu tư tiềm năng, chẳng hạn như trong phòng chống lũ lụt và bảo vệ bờ biển, mức độ rủi ro liên quan đến thất bại, cùng với thời gian tồn tại và thời gian hoàn thiện lâu dài trong việc xây dựng cơ sở hạ tầng tất cả có nghĩa là các khoản đầu tư trong tương lai có thể sẽ rất nhạy cảm với cách khí hậu biến đổi trong vòng hai hoặc ba mươi năm tiếp

theo. Giờ đây, chúng ta cần lên kế hoạch để gìn giữ cuộc sống của mình, cũng như các thị trấn và thành phố của chúng ta, không bị ảnh hưởng bởi khí hậu, đồng thời giúp bảo vệ môi trường.

Khí hậu của Trái Đất là vô cùng phức tạp; càng quan sát và mô phỏng nó, chúng ta lại càng biết thêm về chuỗi vô số các tương tác đã khiến cho khí hậu tiến hóa như hiện tại. Chúng ta đã biết được rằng các đại dương, với khả năng hấp thụ nhiệt cực lớn, là nền tảng trong cách biến đổi khí hậu sẽ tự thể hiện, trên toàn cầu và tại từng khu vực, trong những thập niên tới; chúng ta cũng biết rằng phản ứng của sinh quyển trên mặt đất – cây cối và đất đai – trước sự ấm lên và các biến đổi trong các mô hình lượng mưa nhiều khả năng sẽ khuếch đại hiệu ứng nhà kính do sự phát thải cacbon của con người khi sinh quyển ấy hấp thụ cacbon kém hiệu quả đi; nhờ các định luật vật lý đơn giản, chúng ta còn biết rằng không khí ấm hơn chứa nhiều nước hơn, do đó biến đổi khí hậu sẽ dẫn đến lượng mưa và lũ lụt cực đoan hơn; và còn nhiều hơn thế nữa. Cũng cần tỉnh táo để nhận ra rằng, với tất cả những tiến bộ khoa học hiện tại, thì hầu như cũng không có thứ gì trong hệ thống khí hậu có vẻ như đủ khả năng làm giảm tác động của việc phát thải khí nhà kính của chúng ta. Thay vào đó, càng biết nhiều, con người càng phải đối mặt với thực tế khó chấp nhận rằng tình hình có thể còn khó khăn hơn chúng ta từng tưởng tượng.

Khi đánh giá rủi ro của tình trạng biến đổi khí hậu

không thể đảo ngược hay có thể gọi là nguy hiểm này, trong những năm gần đây, chúng ta đã đạt được tiến bộ đáng kể trong việc xây dựng một thế hệ các mô hình khí hậu mới mô phỏng nhiều thành phần của toàn bộ hệ thống Trái Đất. Nghiên cứu này là cực kỳ quan trọng bởi vì chỉ quan sát đơn thuần không thể giúp chúng ta hiểu được sự tiến hóa trong tương lai của toàn bộ hệ thống Trái Đất, hoặc thậm chí cho chúng ta biết nó xưa nay đã tiến hóa như thế nào. Hiểu biết này là trọng yếu trong việc quyết định tốc độ và chiều sâu trong hành động của chúng ta để giảm thiểu biến đổi khí hậu.

Năm 2015, nhiệt độ bề mặt Trái Đất đã vượt qua ngưỡng 1^0C – một nửa của giới hạn 2^0C được thiết lập ở Paris – nhưng chúng ta đã sử dụng hai phần ba ngân sách cacbon được phép thải ra nếu ta muốn giữ mình trong giới hạn 2^0C. Kể từ thời điểm đó đến nay, các bằng chứng khoa học mới đã chỉ ra rằng đây là một ngân sách khá lạc quan; những ảnh hưởng của việc làm tan băng vĩnh cửu và khả năng hấp thụ khí thải cacbon bị hạn chế của sinh quyển đang khiến chúng ta còn rất ít cơ hội hành động hơn mình tưởng. Vậy nên, nếu chúng ta vẫn muốn đánh cược với tương lai của hành tinh này, sẽ khôn ngoan khi lựa chọn cách tiếp cận thận trọng, bởi vì chí ít là chúng ta cũng sẽ sống không thoải mái, và tồi tệ nhất là tình trạng biến đổi khí hậu sẽ trở nên nguy hiểm. Không nên lấy sự thiếu chắc chắn làm lý do cho việc không hành động.

Khí hậu vào năm 2050

Năm 2050 thật ra không quá xa, nếu xét theo khung thời gian khí hậu, và chúng ta có thể vẽ được một bức tranh về khí hậu tương lai của thế giới với độ chính xác nhất định. Tôi sẽ không đi sâu vào một danh sách số liệu và sự kiện toàn diện, nhưng sẽ cố gắng rút ra một số hậu quả đối với con người trong thế giới tương lai nếu chúng ta không giảm đáng kể lượng phát thải. Chẳng hạn, chúng ta biết rằng những người nghèo nhất trên thế giới sẽ cảm nhận thấy những tác động tồi tệ nhất, họ vốn đã chịu sức ép rất lớn và sở hữu rất ít tài nguyên để giúp họ sống sót.

Vậy thì hãy tua nhanh đến năm 2050. Nhiệt độ bề mặt của Trái Đất lúc này đã vượt quá 2°C so với nhiệt độ của một thế kỷ trước đó, và cùng lúc, mực nước biển toàn cầu đã dâng thêm 30cm. Bắc Cực bây giờ không có băng vào mùa hè và nhiệt độ đại dương ở khu vực này đã tăng đáng kể. Các quần thể động vật có vú, cá và chim sống ở biển đang thay đổi, dân cư bản địa ngày càng bị tổn hại do mất an ninh lương thực; việc mất dải băng ven bờ biển, nước biển dâng cao và gia tăng hiện tượng thời tiết cực đoan đang khiến một số cộng đồng buộc phải di dời. Việc mở cửa Bắc Cực đã biến nơi đây trở thành tuyến vận chuyển chính cho thương mại quốc tế và công cuộc khai thác các nguồn tài nguyên thiên nhiên của Bắc Cực cũng phát triển nhanh chóng. Các loài xâm lấn mới, được đưa đến do hoạt động ngày một nhiều của con người, đang làm thay đổi hệ sinh thái tự nhiên.

Tại Ấn Độ, nhiệt độ cao trước đợt gió mùa hiện đang gây hại cho phần lớn dân cư, đặc biệt là dọc các vùng đồng bằng phía bắc, và lũ lụt trong đợt gió mùa ngày càng nghiêm trọng do cường độ mưa hằng ngày tăng cao. Những người sinh sống ở các vùng thấp ven biển đang đối mặt thường xuyên hơn với nạn nước mặn xâm lấn trong các cơn bão khi nước biển dâng cao. Nguồn cung nước ngọt bị ô nhiễm, đất nông nghiệp bị hư hại và các bệnh dịch theo nguồn nước ngày càng phổ biến. Việc di dời mang tính cưỡng bức trở thành một vấn đề cần phải quan tâm. Dù vậy, tin tốt là chất lượng không khí đã được cải thiện đáng kể và rất ít người còn bị ảnh hưởng bởi bệnh hô hấp.

Trên khắp các vùng nhiệt đới, công cuộc xây dựng và bảo trì cơ sở hạ tầng ở các thị trấn và thành phố lớn trở nên khó khăn hơn vì nhiệt độ ban ngày thường vượt quá các ngưỡng an toàn để làm việc ngoài trời. Nhu cầu sử dụng điện cho máy điều hòa không khí đang đặt áp lực ngày một lớn lên các nhà cung cấp điện.

Một số quốc đảo nhỏ, chẳng hạn như Kiribati ở trung tâm Thái Bình Dương, đã không còn có thể ở được vì nước biển dâng cao, khiến cho dân cư nơi này lâm vào tình trạng không quốc tịch, với một tương lai vô định; ở những nơi khác, hiện tượng tẩy trắng san hô[1] dẫn đến

---

1. Tẩy trắng san hô (coral bleaching) là quá trình khi nhiệt độ bề mặt nước biển ấm lên, các loài tảo cộng sinh không còn sinh sống trong các mô của san hô nữa và khiến chúng trở nên trắng hoàn toàn. Nếu diễn ra lâu dài, rạn san hô sẽ "chết đói" và không còn phục hồi được nữa.

sự biến mất của nghề đánh cá bền vững mà người dân đang phụ thuộc vào để đảm bảo an ninh lương thực. Du lịch, vốn là một phần quan trọng trong nền kinh tế của họ, cũng dần suy giảm.

Nam Úc và Địa Trung Hải, bao gồm cả Trung Đông, hiện đang trong tình trạng hạn hán kéo dài và trải qua những đợt nóng cực độ vào mùa hè. Cháy rừng đang ngày càng trở nên nguy hiểm, đe dọa nhiều gia đình và môi trường đô thị, đồng thời làm tổn hại đến hệ sinh thái tự nhiên. An ninh nước ngày càng trở thành vấn đề nghiêm trọng do tầng ngậm nước bị cạn kiệt.

Ở Anh và Bắc Âu, thời tiết ngày càng trở nên khó lường với nhiều hiện tượng với nhiệt độ và lượng mưa cực đoan. Khu vực này đã đầu tư ngày một nhiều vào công tác phòng chống lũ lụt và tìm cách quản lý môi trường địa phương để giảm thiểu một số ảnh hưởng bất lợi của biến đổi khí hậu. Sóng nhiệt mùa hè đang trở nên phổ biến hơn và các kỳ trượt tuyết mùa đông dần không còn đáng tin vì nhiệt độ tăng đã làm mất lớp tuyết bao phủ. Nhưng mùa sinh trưởng dài hơn và nhiệt độ ấm hơn đang tạo cơ hội cho sự đa dạng hóa trong sản xuất thực phẩm và du lịch.

Một cái nhìn thoáng qua về khí hậu của năm 2050 có lẽ là lời nhắc nhở mạnh mẽ về lý do tại sao biến đổi khí hậu sẽ là yếu tố quyết định đến tương lai kinh tế và xã hội của nhân loại, và vai trò của chúng ta như những người trông coi sự đa dạng phong phú của các hệ sinh thái tự nhiên của Trái Đất. Nhiều khả

năng nước sẽ trở thành mặt hàng quý giá nhất trên hành tinh. Hiểu biết về cách thức thay đổi trong các mô hình mưa của khu vực, những ảnh hưởng của các yếu tố này đối với nguồn nước và chất lượng nước, cũng như các lập luận pháp lý rằng ai là chủ sở hữu nguồn nước khi các con sông và tầng ngậm nước vượt qua các ranh giới quốc gia sẽ là các vấn đề quyết định trong những thập niên tới.

Cho đến nay, các cuộc tranh luận về biến đổi khí hậu bị chi phối chủ yếu bởi sự bất định trong những dự báo và các vấn đề kinh tế kéo theo trong việc giải quyết vấn đề. Nhưng biến đổi khí hậu ngày càng trở thành một vấn đề đạo đức. Rõ ràng là những người nghèo nhất thế giới sẽ chịu các ảnh hưởng tồi tệ nhất và biến đổi khí hậu có tiềm năng hủy hoại phát triển kinh tế - xã hội của họ. Với tư cách là Phó Cao ủy Liên Hiệp Quốc về Nhân quyền, Flavia Pansieri, từng lưu ý trong năm 2015: 'Biến đổi khí hậu do con người gây ra không chỉ là một cuộc tấn công vào hệ sinh thái mà chúng ta đang cùng nhau chia sẻ. Nó còn tước đi quyền được đảm bảo về sức khỏe, thực phẩm, nước, vệ sinh, nhà ở tương xứng, và – đối với người dân của các quốc đảo nhỏ và các cộng đồng ven biển – thậm chí là cả quyền tự quyết.' Nhìn về tương lai, việc bảo vệ các quyền cơ bản của con người và vai trò của các nước phát triển trong việc hỗ trợ các nước đang phát triển sẽ cơ bản làm thay đổi cuộc tranh luận về cách chúng ta ứng phó với biến đổi khí hậu.

Những lựa chọn của chúng ta

Năm 2015 là một bước ngoặt: thế giới không chỉ ký kết Hiệp định Paris, mà còn thông qua Khung Hành động Sendai – trong đó các quốc gia cam kết cùng nhau tìm cách giảm đáng kể rủi ro và thiệt hại trong thảm họa về sinh mạng, sinh kế và sức khỏe, đồng thời cũng đã nhất trí về các Mục tiêu Phát triển Bền vững nhằm chấm dứt đói nghèo, cải thiện y tế và giáo dục, giúp các thành phố phát triển bền vững hơn, bảo vệ đại dương và rừng. Đối phó với biến đổi khí hậu sẽ là nền tảng để đạt được từng mục tiêu này.

Chúng ta sẽ chẳng thể đối phó với sự ấm lên toàn cầu nếu không thừa nhận rằng cần phải thay đổi cách sống của bản thân. Chúng ta sẽ cần phải cải biến cách thức sản xuất, lưu trữ và sử dụng năng lượng, và chúng ta sẽ phải học cách kiểm soát các hiện tượng thời tiết và khí hậu cực đoan. Một trong những chìa khóa cho công cuộc này sẽ là sự chuẩn bị kỹ lưỡng; những cải tiến liên tục trong việc dự báo thời tiết và khí hậu sẽ giúp chúng ta trở nên linh hoạt hơn – biết trước thì chuẩn bị trước. Những hành động và phản ứng của chúng ta đối với môi trường tự nhiên đang ngày càng có ảnh hưởng đến chính môi trường và theo đó là những ảnh hưởng lên chúng ta từ các rủi ro thời tiết và khí hậu. Vì lý do đó, cần phải có những tiến bộ đáng kể trong việc đánh giá toàn diện về rủi ro môi trường từ nguy cơ ban đầu, ví dụ như lũ lụt, để giảm thiểu rủi ro đó bằng những hành động cụ thể, chẳng hạn như vận hành hệ thống thoát

nước theo cách thức mới hoặc trồng cây, cũng như đánh giá tỉ suất phí tổn-lợi ích. Điều này đòi hỏi phải tích hợp các mô phỏng thời tiết và khí hậu, với các mô hình tân tiến của môi trường và hệ sinh thái, cũng như một hiểu biết tốt hơn về động lực của con người và những cách tiếp cận mới để mô hình hóa các yếu tố tài chính và kinh tế-xã hội.

Trong khi việc giảm thiểu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu phần lớn tập trung vào giảm khí thải cacbon điôxit, thì vẫn còn các chất gây ô nhiễm khí quyển khác như cacbon đen cùng son khí sulphate và việc cắt giảm các loại khí này sẽ đem lại lợi ích đáng kể khi giúp cải thiện chất lượng không khí và theo đó cải thiện sức khỏe con người, thực vật và động vật. Trung Quốc, nơi việc phải đối mặt với chất lượng không khí thấp đang là động lực chính trong việc chuyển sang một nền kinh tế phát thải cacbon thấp, là một ví dụ điển hình. Nhưng cũng có những rủi ro: việc làm sạch các chất gây ô nhiễm khí quyển (vốn đang giữ vai trò làm mát hành tinh) có thể làm tăng tốc tình trạng ấm lên trong tương lai gần ở một số nơi trên thế giới, cũng như có các tương tác bất lợi với biến đổi khí hậu khu vực. Vì vậy, việc tìm ra con đường tốt nhất để giảm phát thải nhằm giảm thiểu biến đổi khí hậu là rất phức tạp và sẽ đòi hỏi một cách tiếp cận tích hợp, từ ngành khoa học hệ thống Trái Đất mới đến các đánh giá kinh tế-xã hội.

Một yếu tố khác trong cuộc tranh luận về giảm thiểu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu là vai trò tiềm

năng của địa kỹ thuật. Điều này liên quan đến việc can thiệp với quy mô lớn vào các hệ thống tự nhiên của Trái Đất để chống lại biến đổi khí hậu, có thể là qua kiểm soát bức xạ mặt trời, hoặc loại bỏ trực tiếp cacbon điôxit ra khỏi khí quyển. Chuyện ngày một sáng tỏ rằng, để đạt được các mục tiêu nhiệt độ mà Hiệp định Paris quy định đòi hỏi phải loại bỏ hoàn toàn cacbon ra khỏi khí quyển nhờ sử dụng năng lượng sinh học nhằm cô lập và lưu giữ cacbon (BECCS). (Bất chấp tuyên bố của Tổng thống Donald Trump vào tháng 06/2017 rằng Mỹ sẽ rút khỏi Hiệp định Paris, tại thời điểm tôi viết bài này, việc Mỹ có rời khỏi hay không vẫn còn chưa rõ ràng.) Những kỹ thuật này cần phải được triển khai trên quy mô toàn cầu thì mới đạt được tác động đáng kể đến mức khí cacbon điôxit trong khí quyển.

Với việc quản lý bức xạ mặt trời, trong đó cân nhắc, chẳng hạn như, các khả năng như thêm hạt mịn vào các đám mây để tăng tính phản xạ, hoặc phun son khí vào tầng bình lưu để bức xạ mặt trời bị phản xạ trở lại không gian nhiều hơn, chúng ta phải hiểu đúng những hậu quả tiềm ẩn. Chúng ta phải nhìn vượt lên những ảnh hưởng lên nhiệt độ bề mặt toàn cầu tới những ảnh hưởng tiềm ẩn đối với khí hậu khu vực và theo đó là an ninh nước và an ninh lương thực. Tất cả những điều này đều chưa được hiểu cặn kẽ và sẽ đòi hỏi cùng một mức độ nghiên cứu khoa học tận tụy như khi tìm hiểu hậu quả của khí thải nhà kính đối

với từng khu vực. Những kỹ thuật này đặc biệt đáng lo ngại bởi vì các vấn đề xã hội, pháp lý và chính trị; chúng có thể được từng quốc gia đơn phương thực hiện mà không cần xem xét cẩn trọng những ảnh hưởng toàn cầu, và các cơ chế quản trị quốc tế vẫn cần phải được đặt đúng chỗ.

Sau cùng, dù chúng ta chọn cách nào để kết hợp việc thích nghi (ứng phó với những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu) và giảm thiểu (cố gắng giảm tối đa mức độ biến đổi khí hậu), kết quả vẫn tùy thuộc vào việc các kỹ sư và những nhà công nghệ sẽ đưa ra các giải pháp sáng tạo nào cho các vấn đề liên quan đến sản xuất, lưu trữ và phân phối năng lượng sạch trong vòng vài chục năm nữa mà ít gây ra sự gián đoạn cho nền kinh tế toàn cầu nhất có thể. Song song với đó, từ góc độ mỗi cá nhân, con người sẽ cần phải tìm cách bảo vệ môi trường tự nhiên và đảm bảo rằng chúng ta thực hiện đầy đủ trách nhiệm của mình với tư cách là người bảo vệ sự sống trên Trái Đất cho các thế hệ tương lai. Điều này có nghĩa là những ai còn có thể, sẽ phải lựa chọn cách và nơi mình sẽ sống, đồng thời tìm cách hỗ trợ những người không còn quyền lựa chọn.

Vài chia sẻ cuối

Không nghi ngờ gì, biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng sâu sắc đến chúng ta trong tương lai, nhưng cũng nên nhớ rằng chúng ta chẳng hề mù quáng tiến về phía trước mà không hề nhận thức được những gì mình có thể phải đối

mặt. Việc xây dựng các mô hình máy tính mô phỏng khí hậu của Trái Đất cho phép chúng ta dự đoán, dựa trên các nguyên lý vật lý cơ bản, cách mà thời tiết và khí hậu sẽ tiến hóa là một trong những thành tựu khoa học tuyệt vời nhất của 50 năm qua. Trong một số ít các lĩnh vực khoa học khác chúng ta cũng có thể nhìn vào tương lai với cùng sự tự tin hiện có trong những dự đoán khí hậu của chúng ta.

Cũng cần suy nghĩ về lời của Phó Đô đốc Robert Fitzroy, thuyền trưởng của tàu *Beagle*, người đã đưa Charles Darwin đi trên chuyến hải trình nổi tiếng của mình, đồng thời cũng là nhà sáng lập Phòng Khí tượng Vương quốc Anh và người đầu tiên phát hành dự báo thời tiết công cộng. Sau khi để mất *Hiến chương Hoàng gia* trong một cơn bão khủng khiếp vào năm 1859 ông viết cho tờ *Times*: 'Con người không thể làm gió bão lặng yên, nhưng hắn ta có thể dự đoán được nó. Hắn không thể làm dịu cơn bão, nhưng có thể thoát khỏi bạo lực của nó, và nếu tất cả các thiết bị sẵn có để cứu hộ [khỏi con tàu đắm] đã được sử dụng đúng cách, thì ảnh hưởng của những chuyến viếng thăm khủng khiếp này có thể được giảm thiểu đáng kể.'

Hơn 150 năm trước, Fitzroy đã khởi đầu một hành trình dài để đưa ra các dự báo trở thành một phương tiện để giảm thiểu và kiểm soát những ảnh hưởng của thời tiết khắc nghiệt, và những phương pháp này cũng cần được vận dụng trong kiểm soát biến đổi khí hậu. Từ toàn cầu đến địa phương, từ hàng giờ đến hàng thập

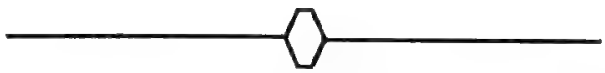
niên, hiểu biết của con người về thời tiết và khí hậu, cùng những dự đoán mà chúng ta đưa ra sẽ cho phép ta lập kế hoạch cho tương lai và trở thành công cụ giữ cho mình được an toàn.

Xin dành lại lời cuối cho phi hành gia kiêm nhà khoa học khí hậu người Anh, Piers Sellers, người vừa qua đời vì ung thư tuyến tụy vào tháng 12/2016. Một năm trước đó, khi được chẩn đoán bệnh, ông đã viết một bài báo rất xúc động đăng trên *New York Times* trong đó đề cập quan điểm của ông đối với biến đổi khí hậu:

> Những công nghệ mới sẽ cải thiện cuộc sống của chúng ta theo những cách ta chẳng thể lường trước được. Không có lý do nào đủ thuyết phục để tin tưởng rằng tương lai đang tiến hóa sẽ tồi tệ hơn hiện tại của chúng ta, nếu ta kiểm soát cách cẩn trọng những thách thức và rủi ro. Lịch sử chứa đầy những ví dụ về việc con người đã ngoạn mục thoát khỏi những tình thế khó khăn. Người chiến thắng là người có xu hướng thực tế, thực dụng và linh hoạt; kẻ thua cuộc thường từ chối thừa nhận mối đe dọa...
>
> Là một phi hành gia, tôi đã từng bước đi trong khoảng không 220 dặm phía trên Trái Đất. Trôi cùng với Trạm Vũ trụ Quốc tế, tôi từng dõi theo những tâm bão di chuyển trên khắp các đại dương, hay con rắn Amazon tìm đường ra biển qua một thảm rừng xanh lá cây rực rỡ, và cả những cơn giông sét khổng lồ về đêm, với chớp sáng tận hàng trăm dặm dọc theo đường xích đạo. Từ

điểm nhìn của Chúa, tôi đã chứng kiến Trái Đất tuy mong manh nhưng quý giá tới vô ngần đến thế nào. Và tôi hy vọng vào tương lai của nó.

TƯƠNG LAI CỦA CHÚNG TA



Y học, Di truyền học và Siêu nhân học

4

Tương lai của y học

Adam Kucharski

Ngày 26/04/2016, một mối đe dọa vi mô mới xuất hiện ở Pennsylvania, Hoa Kỳ. Trong khi mọi sự quan tâm trên cả nước đều đổ dồn vào cuộc bầu cử Tổng thống sơ bộ được tổ chức tại tiểu bang này ngày hôm đó, một người phụ nữ được đưa đến phòng khám sức khỏe với các triệu chứng nhiễm khuẩn. Các bác sĩ đã lấy mẫu nước tiểu của cô, và xét nghiệm cho thấy *E. coli* chính là thủ phạm. Nhưng khi mẫu thử cô lập được gửi đi để xét nghiệm thêm, hóa ra đây không phải là chủng vi khuẩn *E. coli* thông thường.

Với những mối lo ngại sẵn về kháng thuốc, phòng thí nghiệm địa phương từng bắt tay thử nghiệm các mẫu kháng lại một loại thuốc kháng sinh tên là colistin. Được phát hiện vào năm 1949, colistin thường được biết đến với cái tên liều thuốc cuối cùng. Loại thuốc này không thường được kê nữa vì những tổn thương nó gây ra cho thận, và bởi vậy, chỉ được sử dụng để chống lại loại vi khuẩn không thể điều trị bằng những thuốc kháng sinh ít nguy hiểm hơn. Và đó chính là điều khiến cho mẫu

thử của bệnh nhân Pennsylvania trở nên bất thường: nó chứa một gen giúp vi khuẩn kháng colistin. Mặc dù các cơ sở y tế đã phát hiện ra gen này ở nhiều nơi khác trên thế giới, đây là lần đầu tiên nó được tìm thấy ở Mỹ. May mắn thay, mẫu Pennsylvania không kháng lại tất cả các loại kháng sinh, nhưng nó đã đủ để chứng minh rằng các bệnh truyền nhiễm kiểu này đang dần làm suy yếu khả năng phòng bệnh của chúng ta. 'Về cơ bản nó cho chúng ta thấy rằng thuốc kháng sinh đã đi đến rất gần đoạn cuối con đường,' Tom Frieden, Giám đốc Trung tâm Kiểm soát và Phòng ngừa Dịch bệnh Hoa Kỳ đương nhiệm khi ấy nói.

Năm mươi năm trước, những phát biểu như vậy tưởng chừng thật vô lý. Thập niên 1960 là thời kỳ lạc quan. Các thuốc kháng sinh như penicillin đã được sử dụng rộng rãi và phát huy hiệu quả trong gần một thập niên. Albert Sabin đã phát triển một loại vắc-xin bại liệt có thể dùng chung cùng một viên đường. Các bệnh như lao phổi cuối cùng cũng trở thành có thể chữa được. Năm 1967, William Stewart, Tổng Y sĩ Hoa Kỳ, thậm chí còn tuyên bố rằng 'cuộc chiến chống lại bệnh truyền nhiễm đã kết thúc thắng lợi'.

Ấy vậy mà, đến tận hôm nay, cuộc chiến ấy vẫn đang diễn ra. Dù các chiến dịch tiêm phòng vắc-xin đã được tổ chức liên tục, bệnh bại liệt vẫn chưa được xóa bỏ. Các chủng 'siêu khuẩn' (superbugs) kháng thuốc đang khiến cho penicillin trở nên không còn tác dụng và lao phổi dần trở thành căn bệnh chết người một lần nữa.

Trong khi đó, chúng ta đang phải đối mặt với bóng đêm của một đại dịch mới – có lẽ là bệnh cúm, hoặc có lẽ là một bệnh khác – cùng với những thách thức y tế lớn hơn của dân cư đang già hóa. Tuy nhiên, chúng ta cũng đang chứng kiến những thành tựu đáng chú ý trong y tế, từ y học gen và y học cá thể, đến y học tái tạo và phẫu thuật từ xa. Vậy điều này có ý nghĩa gì? Ta nên lạc quan hay bi quan? Tương lai của y học sẽ ra sao?

Đại dịch kế tiếp

Y học luôn tiềm ẩn những bất ngờ. Sir William Osler, người tiên phong trong đào tạo y khoa hiện đại sống vào đầu thế kỷ 20, từng mô tả lĩnh vực của mình là 'một nghệ thuật của xác suất và một khoa học của sự bất định.' Lấy bệnh truyền nhiễm làm ví dụ. Gần như chắc chắn rằng mỗi chúng ta sẽ chứng kiến sự bùng phát của một đại dịch vi-rút lớn khác trong cuộc đời mình. Nhưng nó sẽ diễn ra ở đâu, khi nào và với loại vi-rút gì thì ta chỉ có thể dự đoán trên cơ sở nhất định mà thôi.

Bản thân Osler đã qua đời vào năm 1919 trong đại dịch cúm Tây Ban Nha khét tiếng, vốn đã giết chết nhiều người hơn cả Thế chiến thứ I. Tính đến nay trong thế kỷ 21, đã có vài chủng vi-rút đe dọa mới, gồm suy hô hấp cấp tính SARS năm 2003, cúm A/H1N1p (hay còn gọi là 'cúm heo') năm 2009 và Ebola năm 2014. Mặc dù rất nghiêm trọng, cả ba đại dịch này đều có những đặc điểm sinh học có lợi cho chúng ta. Bệnh nhân SARS hoặc Ebola thường sẽ biểu hiện triệu chứng khi họ bị nhiễm

khuẩn, điều này đồng nghĩa là các cơ sở y tế có thể theo dõi và giám sát những người mà họ đã liên lạc gần đây, từ đó cách ly họ và góp phần kiểm soát sự bùng phát của dịch. Tuy nhiên, rất khó để theo dõi bệnh cúm theo cách này, may mắn thay, dịch bệnh năm 2009 vẫn còn ít nguy hiểm hơn nhiều so với biến thể tàn phá năm 1919.

May mắn này thực sự quan trọng, bởi vì ở thời điểm một đại dịch bắt đầu bùng phát, chúng ta thường thiếu các loại thuốc và vắc-xin hiệu quả. Vấn đề ở đây là thời gian: một nghiên cứu thường sẽ mất vài năm hoặc vài chục năm, trong khi dịch bệnh có thể chỉ kéo dài vài tháng. Đây là lý do tại sao đến nay vẫn chưa có vắc-xin ngừa SARS hiệu quả, và vắc-xin phòng cúm heo thì xuất hiện rất trễ sau năm 2009, rất lâu sau đỉnh điểm của đại dịch đã trôi qua. Nhưng tình hình đang thay đổi. Trong đại dịch Ebola 2014-2015, các nhà nghiên cứu đã đẩy nhanh tốc độ phát triển vắc-xin. Trong chưa đầy một năm, một thử nghiệm lâm sàng do Tổ chức Y tế Thế giới dẫn dắt đã tạo ra được một loại vắc-xin ngừa Ebola rất hiệu quả. Bước tiếp theo là sẵn sàng nghiên cứu để đưa ra vắc-xin khi một đợt dịch mới xuất hiện. Điều đó có nghĩa là xây dựng một kho dự trữ thuốc và vắc-xin đã vượt qua các thử nghiệm an toàn ban đầu, cũng như các nhóm nghiên cứu có thể tiến hành thử nghiệm lâm sàng chỉ trong thời gian ngắn và trong những điều kiện dịch bệnh hiểm nghèo. Năm 2017, một nhóm các quỹ của chính phủ và quỹ y sinh đã thành lập Liên minh Sáng kiến Chuẩn bị cho Dịch bệnh để giúp giải quyết vấn đề

này. Mục tiêu của nó là Tổ chức này đã gây quỹ tài trợ 1 tỉ USD nhằm mục đích phát triển vắc-xin, và đầu tiên sẽ tập trung vào ba căn bệnh: Hội chứng Hô hấp vùng Trung Đông, Sốt Lassa và Vi-rút Nipah. Tất cả các loại vi-rút này đã được truyền sang người từ các động vật bị nhiễm bệnh, tuy nhiên, đến nay, chúng chưa gây ra một đại dịch nào.

Ngay cả khi đã có sẵn vắc-xin để chống lại một dịch bệnh mới, chúng ta vẫn phải phát hiện sớm ổ dịch khi nó vừa xuất hiện. Khi nói đến kiểm soát dịch bệnh, thành công – hay thất bại – trong tương lai sẽ phụ thuộc rất nhiều vào cách ta thu thập và phân tích dữ liệu. Chẳng hạn như khi thử nghiệm nhiễm khuẩn, chúng ta có thể song song thu thập và so sánh trình tự bộ gen của vi-rút hoặc vi khuẩn được lấy mẫu từ bệnh nhân. Khi dịch Ebola bắt đầu vào năm 2014, quá trình này diễn ra hằng tuần; và cuối cùng, các nhóm thực địa đã có thể giải trình tự gen của vi-rút chỉ trong vài giờ, trên một thiết bị có kích cỡ một chiếc USB. Từ Ebola đến cúm, nhiều khả năng mọi vi khuẩn gây bệnh sẽ thường xuyên được giải trình tự gen trong tương lai, để hiểu được cách các mầm bệnh khác nhau lan rộng và phát triển. Điều này là đặc biệt quan trọng nếu chúng ta muốn phát hiện những đột biến làm giảm tác dụng của các loại thuốc và vắc-xin hiện tại.

Nhiễm khuẩn kháng thuốc gần như sẽ là tin tức y tế nổi bật nhất trong những thập niên tới. Việc lạm dụng kháng sinh ở người và vật nuôi đã dẫn đến nhiều chủng

vi khuẩn không thể điều trị được, một ngày nào đó các thủ thuật quen thuộc như sinh mổ hay phẫu thuật hông có thể trở nên cực kỳ nguy hiểm. Đó không đơn thuần chỉ là vấn đề tạo ra nhiều loại thuốc mới hơn; nên nhớ rằng loại kháng sinh mới nhất hiện có trên thị trường được phát hiện vào năm 1987. Kháng sinh rất đắt và khó phát triển, nhưng hầu hết bệnh nhân chỉ cần dùng chúng trong một hoặc hai tuần, nghĩa là các công ty dược phẩm ngày càng tập trung nghiên cứu các loại thuốc khác. Do đó, việc giải quyết tình trạng kháng kháng sinh sẽ đòi hỏi quản lý tốt hơn các phương pháp điều trị hiện có, nghĩa là thay đổi thái độ và hành vi của mọi người. Nhưng rất khó để nghiên cứu những vấn đề này. Điều gì định hình quan điểm của bạn về sức khỏe? Hành vi của bạn ảnh hưởng đến nguy cơ mắc bệnh như thế nào? Điều gì sẽ thuyết phục bạn thay đổi cách tiếp cận của mình với việc điều trị? Việc nhắm tới các câu hỏi như vậy sẽ đòi hỏi một sự kết hợp của khoa học y sinh và xã hội.

Hiểu biết chắc chắn hơn về hành vi của con người cũng rất quan trọng trong việc điều trị các bệnh nhiễm trùng khác. Chẳng hạn, nhiều khả năng là việc hạn chế các hành vi nguy cơ đã giúp kiểm soát Ebola ở Tây Phi. Nhiều bệnh truyền nhiễm bắt nguồn từ tương tác và tang lễ trong gia đình; khi hành vi này thay đổi, đường truyền bệnh cũng biến mất. Tuy nhiên, chúng ta vẫn chưa hoàn toàn hiểu được cách thức và thời điểm những thay đổi này xảy ra ở Tây Phi, hoặc tầm quan trọng của chúng trong tương lai.

Các nhà nghiên cứu y tế đang tập trung xem xét cách mọi người di chuyển và tương tác trên khắp thế giới. Họ sử dụng các khảo sát, dữ liệu điện thoại di động và hình ảnh vệ tinh. Chẳng mấy chốc chúng ta sẽ có thể liên kết loại dữ liệu này với các thông tin khác – từ các trình tự của bộ gen đến phân tích môi trường – để nghiên cứu sự lây nhiễm bệnh qua một loạt các tiêu chuẩn. Thay vì chỉ tập trung vào các đặc tính sinh học của bệnh, hoặc ảnh hưởng của nó trên một nhóm dân cư cụ thể, chúng ta sẽ có thể phân tích đồng thời tính lây nhiễm của căn bệnh, sự tiến hóa và môi trường của nó, cũng như hành vi của các bệnh nhân. Điều này sẽ cho phép những cơ sở y tế xây dựng các chiến lược kiểm soát dịch bệnh cụ thể cho các cộng đồng và khu vực khác nhau, và cách làm này sẽ đặc biệt quan trọng trong các tình huống mà tiền sử nhiễm bệnh của một người có thể ảnh hưởng đến nguy cơ mắc bệnh trong tương lai. Sốt xuất huyết Dengue là một ví dụ điển hình: nếu bạn đã từng bị mắc một loại sốt xuất huyết, thì có thể lần nhiễm bệnh thứ hai của bạn sẽ nghiêm trọng hơn. Đó là lý do tại sao một nghiên cứu năm 2016 của Tổ chức Y tế Thế giới đã đề xuất rằng các chiến dịch tiêm chủng sốt xuất huyết nên tính đến tiền sử nhiễm trùng trong một cộng đồng. Hiện tại, việc này đòi hỏi phải thu thập số lượng lớn các mẫu máu từ cư dân địa phương và tiến hành những xét nghiệm tốn rất nhiều thời gian. Tuy nhiên, các kỹ thuật xét nghiệm máu mới đã giúp việc xác định những tác nhân gây bệnh từng lan truyền trong cộng đồng trở nên dễ dàng và rẻ

hơn. Khi có được nguồn dữ liệu, những phương pháp tiếp cận đặc dụng này cuối cùng sẽ trở thành phương pháp tiêu chuẩn cho mọi bệnh tật, ở mọi quốc gia.

Thuốc đặt riêng

Những phương pháp được tùy biến cũng sẽ trở nên phổ biến trong các lĩnh vực khác của y học. Năm 2015, Tổng thống Mỹ Barack Obama đã khởi động Sáng kiến Y học Cá thể. Mục đích là phát triển các phương pháp điều trị phù hợp với đặc điểm di truyền, môi trường và lối sống của bệnh nhân, thay vì dùng phương pháp tiếp cận theo kiểu phổ thông cho tất cả mọi người. Đây là một phần của một xu hướng rộng hơn trong y học, với các phương pháp ngày càng tập trung vào từng bệnh nhân cụ thể cùng tình trạng của riêng họ. Mặc dù các quy trình như truyền máu đã phần nào được cá nhân hóa (bằng cách xem xét nhóm máu của bệnh nhân và người hiến), các phương pháp cá nhân hóa này sẽ sử dụng trình tự bộ gen và các xét nghiệm mới khác để dự đoán tác động của từng phương pháp điều trị với từng bệnh nhân. Chẳng hạn, một số loại thuốc ung thư chỉ có tác dụng khi điều trị các khối u với đặc điểm di truyền cụ thể. Tương tự, một loại thuốc trị bệnh xơ nang có tên Ivacaftor chỉ hiệu quả cho khoảng 5% bệnh nhân có một đột biến di truyền nhất định.

Những phương pháp tiếp cận chính xác sẽ giúp thuốc thang ít tác dụng ngược và chủ động hơn. Thay vì điều trị bệnh khi nó xuất hiện, các dữ liệu chi tiết sẽ giúp chúng ta xử lý rủi ro trước cả khi chúng trở thành vấn đề.

Xét nghiệm gen đã giúp dự đoán các điều kiện di truyền trở nên khả dĩ, nhưng chúng thường chỉ tập trung phát hiện một đột biến có hại đơn lẻ, giống như đột biến gen BRCA1. Nếu một phụ nữ có BRCA1, điều đó có nghĩa là cô ấy có khoảng 65% nguy cơ mắc ung thư vú. Trong tình huống này, người ta có thể giảm nguy cơ ung thư thông qua phẫu thuật dự phòng. Chính sự hiện diện của đột biến BRCA1 đã khiến nữ diễn viên Angelina Jolie đưa ra quyết định công khai rộng rãi phẫu thuật cắt bỏ ngực vào năm 2013.

Thay vì chỉ xem xét các gen cụ thể, cuối cùng thì việc kiểm tra toàn bộ hệ gen sẽ trở nên phổ biến hơn. Điều này đồng nghĩa là sẽ có cực nhiều dữ liệu: các nhà nghiên cứu tại Phòng thí nghiệm Cold Spring Harbor, Long Island, Mỹ ước tính rằng vào năm 2025, dữ liệu bộ gen của con người sẽ đòi hỏi nhiều không gian lưu trữ hơn cả YouTube hay Twitter. Tuy nhiên, chi phí cho việc giải trình tự gen không bao gồm sự phức tạp của việc phân tích dữ liệu. Trong một số trường hợp, mối liên hệ giữa một gen duy nhất và một tình trạng cụ thể – như BRCA1 và ung thư vú – đã được xác định rõ ràng trong các nghiên cứu lâm sàng cực kỳ lớn. Lý tưởng là chúng ta sẽ có một quy tắc đơn giản như thế này cho mọi bệnh: 'đột biến A trong gen B gây bệnh C'. Thật không may, nếu nhiều gen có liên hệ đến một tình trạng bệnh, hoặc nếu tình trạng bệnh là hiếm gặp, sẽ khó khăn hơn nhiều để đánh giá những rủi ro liên quan. Và điều đó có thể khiến điều trị dự phòng trở thành quyết định khó khăn.

Để minh họa cho khó khăn trong việc diễn giải các kết quả xét nghiệm y khoa – dù là di truyền hay không – giả sử có một tình trạng bệnh ảnh hưởng đến 500 trong số 1 triệu người và người ta cũng có một xét nghiệm để xác định tình trạng này, với độ chính xác là 99%. Nếu bạn làm xét nghiệm và nhận kết quả dương tính, cơ hội phát bệnh là bao nhiêu? Bất ngờ thay, câu trả lời chỉ là 5%. Đó là bởi vì cứ mỗi một triệu người được xét nghiệm, chúng ta chỉ mong đợi 495 người dương tính và phát bệnh (không phải toàn bộ 500 người sẽ bị ảnh hưởng bởi vì xét nghiệm chỉ chính xác 99%). Trong khi đó, 1% trong số 999.500 người còn lại, tức 9995 người, những người chắc chắn không mắc bệnh vẫn nhận kết quả xét nghiệm dương tính (một lần nữa, do xét nghiệm chỉ chính xác 99%). Vì vậy, tổng số người có kết quả kiểm tra dương tính sẽ là 495 + 9995. Trong số này, chỉ có 495 (tức là 5%) sẽ thực sự phải lo lắng.

Hãy nhớ rằng, đây thực ra là một xét nghiệm tuyệt vời với độ chính xác 99%. Bài xét nghiệm càng ít chính xác, thì càng khó diễn giải. Đó là lý do tại sao chẩn đoán cũng thường phải tính cả các yếu tố khác, chẳng hạn như tiền sử gia đình. Hiện nay, các bệnh nhân phải đối mặt với những lựa chọn về điều kiện di truyền có thể xin lời khuyên từ các cố vấn di truyền, người sẽ giải thích cho họ những rủi ro và ý nghĩa của chúng. Các cố vấn này thường cung cấp thông tin hơn là đưa ra khuyến nghị. Tuy nhiên, khi xét nghiệm di truyền trở nên phổ biến hơn, các lựa chọn có thể trở nên phức tạp hơn và khó

khăn hơn nhiều, đặc biệt nếu có một phương pháp điều trị nhất định. Liệu bạn có muốn biết nếu mình có nguy cơ mắc phải một căn bệnh không thể chữa trị? Bạn sẽ đương đầu thế nào với tính bất định của các kết quả xét nghiệm kém chính xác?

Khi bệnh nhân giành quyền kiểm soát nhiều hơn với dữ liệu của họ, trách nhiệm đưa ra quyết định sẽ không còn ở bác sĩ. Trong tương lai, việc quản lý rủi ro sức khỏe đã được báo trước sẽ tùy thuộc vào bệnh nhân. Chúng ta sẽ phải lựa chọn truy cập dữ liệu nào và xử lý nó ra sao. Điều này sẽ nhằm cân bằng lợi ích tiềm năng với tác hại có thể có từ một chẩn đoán sai. Năm 2016, các bác sĩ tại Phòng khám Mayo, Minnesota đã công bố báo cáo về một người đàn ông từng được phẫu thuật cấy ghép máy khử rung tim sau khi xét nghiệm di truyền cho thấy rằng ông và gia đình mình mang một đột biến nguy hiểm. Khi gia đình này đến Phòng khám Mayo để xin ý kiến thứ hai, thì hóa ra là kết quả xét nghiệm đã bị hiểu sai: thật ra người đàn ông kể trên không gặp rủi ro đáng kể nào.

Bệnh nhân không phải là người duy nhất quan tâm đến kết quả xét nghiệm di truyền. Tại Mỹ, các công ty bảo hiểm y tế hiện không được phép từ chối bảo hiểm dựa trên kết quả đột biến gen, tất cả nhờ có Đạo luật Không Phân biệt Đối xử về Thông tin Di truyền (2008). Nhưng đối với các công ty bảo hiểm nhân thọ thì khác: một số đã từ chối bảo hiểm cho những người có đột biến BRCA1. Trừ phi luật pháp theo kịp với những tiến bộ

nhanh chóng trong y học dự phòng, các rủi ro sức khỏe di truyền cũng có thể bắt đầu ảnh hưởng đến quyền tiếp cận những thứ như nhà ở và việc làm.

Năm 2015, một người phụ nữ đã kiện Bệnh viện St George's NHS Trust ở London ra Tòa án Tối cao của Anh vì họ đã không thông báo cho cô biết người cha bị ghẻ lạnh của cô mắc bệnh Huntington, một căn bệnh di truyền. Các bác sĩ đã khuyên người đàn ông thông báo cho con gái của mình khi được chẩn đoán bệnh vào năm 2009, nhưng ông đã từ chối. Người con gái, khi đó đang mang thai, mãi tới năm 2013 mới phát hiện ra rằng cô mắc bệnh. Vậy thì các bác sĩ có nên trao đổi thông tin bệnh án của một cá nhân cho thành viên khác trong gia đình trong tình huống này không? Đối với vụ việc này, thẩm phán kết luận rằng các bác sĩ đã đúng khi giữ tính bảo mật. Đây là lần đầu tiên một tòa án đưa ra phán quyết về việc liệu bác sĩ có nên tiết lộ các rủi ro di truyền cho những thành viên trong gia đình hay không, nhưng nhiều khả năng là các vấn đề đó sẽ ngày càng xuất hiện nhiều hơn trong tương lai.

Các gia đình cũng sẽ đóng một vai trò quan trọng vì y học đang chuyển hướng từ bệnh cấp tính sang mãn tính. Các bệnh như bệnh tim, tiểu đường và béo phì từ lâu đã là một vấn đề tại các nước giàu; bây giờ chúng cũng đang gia tăng ở các nước có thu nhập thấp và trung bình. Trong giai đoạn 1975-2014, béo phì ở nam giới đã tăng từ 3% đến 11% trên toàn cầu, và từ 6% đến 15% ở phụ nữ. Trớ trêu thay, điều trị y tế được cải thiện cũng sẽ

góp phần gây ra bệnh mãn tính, bởi vì nhiều tình trạng bệnh vốn đang là chết người sẽ dần dần trở thành có thể điều trị, nếu không phòng ngừa được. Trong những năm tới, các nhà nghiên cứu sẽ tìm ra những cách mới để làm chậm hoặc ngăn chặn các bệnh liên quan tới lão hóa như Alzheimer. Các thiết bị cấy ghép sẽ theo dõi bệnh nhân và điều chỉnh các phương pháp điều trị cho phù hợp. Tế bào gốc sẽ giúp sửa chữa hoặc thay thế phần mô bị hư hỏng. Năm ngoái, một nhóm nghiên cứu tại Trung tâm Sinh học Phát triển RIKEN tại Nhật Bản công bố rằng họ đã nuôi cấy thành công da chuột trong phòng thí nghiệm, hoàn chỉnh với các tuyến và nang lông. Vậy là thay vì sử dụng da lấy từ một phần khác của cơ thể để điều trị vết thương do bỏng nặng, có lẽ sau này việc dùng da mới được nuôi cấy sẽ trở nên phổ biến hơn. Trong khi đó, các nhóm nghiên cứu khác đã phát triển các mô được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm để thay thế mọi bộ phận, từ bàng quang, giác mạc, đến buồng trứng và mạch máu. Những cải thiện trong việc chăm sóc sức khỏe này cũng có nghĩa là con người đang sống lâu hơn bao giờ hết; tức là chúng ta có thể sống sót ngay cả với hàng loạt các loại bệnh tật, xã hội cũng sẽ cần phải điều chỉnh để đáp ứng các chi phí – cả về tài chính lẫn cảm xúc – trong việc cung cấp dịch vụ chăm sóc dài hạn này.

Một thế giới kết nối hơn

Cấu trúc xã hội cũng sẽ ảnh hưởng đến sức khỏe của

chúng ta theo những cách khác nhau. Năm 1970, chỉ có hai thành phố với hơn 10 triệu dân: Tokyo và New York. Tua nhanh đến năm 2017 và ta có 37 'siêu đô thị' như vậy. Nhiều người đang sống ở các thành phố này trong cảnh nghèo đói, và tình hình có thể còn tồi tệ hơn trong những năm tới: Liên Hiệp Quốc ước tính sẽ có tới 2 tỉ người sống trong các khu ổ chuột vào năm 2030. Các bệnh truyền nhiễm như Ebola và sốt xuất huyết có thể lây lan rất nhanh trong những môi trường đông dân cư và nghèo khổ này, mà đôi khi có thể khiến các cơ sở y tế kinh ngạc. Suốt nhiều thập niên, Ebola chưa từng được coi là một mối đe dọa lớn về sức khỏe. Nó là nguyên nhân gây ra khoảng hai tá đợt xuất huyết Ebola nhỏ ở Trung Phi, chủ yếu ở các vùng nông thôn, nhưng rất ít người nghĩ rằng nó có thể gây ra đại dịch. Sau đó, vào năm 2014, căn bệnh này đã tấn công ba thành phố ở Tây Phi với những triệu chứng rất khác nhau. Chẳng mấy chốc ta sẽ phát hiện thêm ra những mầm bệnh khác đang ẩn khuất ở các vùng nông thôn và có khả năng lây lan nhanh chóng trong các khu đô thị.

Các thành phố lớn cũng sẽ mang lại những rủi ro sức khỏe khác. Nghiên cứu do Viện Đo lường và Đánh giá Sức khỏe Hoa Kỳ dẫn dắt cho thấy hơn 5,5 triệu người đã chết sớm mỗi năm do ô nhiễm không khí. Hơn một nửa số ca tử vong này là ở Trung Quốc và Ấn Độ, nơi có 12 siêu đô thị. Không chỉ ngày một lớn hơn, các thành phố cũng trở nên kết nối hơn. Mỗi ngày có hơn 100.000 chuyến bay trên khắp thế giới. Đây là lý do tại sao đại

dịch cúm năm 2009 có thể lan khắp thế giới trong vòng vài tuần, và tại sao chủng *E. coli* kháng colistin - được tìm thấy lần đầu tiên ở Trung Quốc vào cuối năm 2015 – có thể xuất hiện ở Pennsylvania chỉ vài tháng sau đó. Mạng lưới đường bay cũng đang thay đổi hình ảnh của bệnh truyền nhiễm: các bản đồ thế giới truyền thống, thể hiện khoảng cách theo đường chim bay, có thể là một hình ảnh gây hiểu lầm về cách chúng ta thực sự kết nối, và cách mà bệnh truyền nhiễm có thể lan rộng. Khi các đường bay được tính đến, một số thành phố có thể trở nên gần hơn (hoặc xa hơn) so với khoảng cách ta hình dung ban đầu.

Kiến thức y tế cũng sẽ được lan truyền khắp thế giới dễ dàng hơn trong tương lai. Trong cuộc Nội chiến Syria năm 2016, đội ngũ bác sĩ phẫu thuật giàu kinh nghiệm ở các nước như Anh và Canada đã sử dụng webcam để hướng dẫn các nhân viên y tế địa phương tiến hành phẫu thuật ngay tại chiến trường. Với những cải tiến trong thực tế ảo tăng cường (AR) và robot, chẳng mấy chốc các phẫu thuật phức tạp hơn sẽ có thể được thực hiện từ xa. Khả năng chia sẻ dữ liệu trên toàn thế giới cũng sẽ giúp điều trị bệnh về tận nhà. Thay vì cố gắng đặt lịch khám trực tiếp với bác sĩ, bệnh nhân sẽ có thể thảo luận về căn bệnh với phần mềm trí tuệ nhân tạo, và nếu cần, họ có thể được tư vấn nhờ AR nhập vai mà chẳng cần phải rời khỏi nhà. Từ chụp MRI đến các quan sát hiển vi, việc chẩn đoán cũng có thể được thực hiện nhờ phần mềm nhận dạng mẫu sắc bén dựa trên cơ

sở dữ liệu bệnh nhân toàn cầu. Bác sĩ có thể đánh giá rủi ro của một phương pháp điều trị cụ thể bằng cách ngay lập tức so sánh tình trạng của bệnh nhân với số lượng lớn các trường hợp tương tự. Và khi một bệnh truyền nhiễm mới xuất hiện – có thể là Ebola hoặc *E. coli* – các cơ sở y tế có thể nhanh chóng xác định xem nó liên quan đến các đợt bùng phát dịch bệnh gần đó như thế nào, và theo đó tìm ra cách kiểm soát dịch.

Thực tế này đưa chúng ta quay trở lại câu hỏi liệu ta nên lạc quan hay bi quan về tương lai của y học. Ngay cả khi chúng ta cải thiện khả năng phòng chống các bệnh hiện tại – chẳng hạn loại bỏ được sốt rét, bại liệt và sởi – thì những bệnh khác vẫn có thể xuất hiện. Cho dù đó là vi khuẩn kháng thuốc hay một căn bệnh mãn tính do lối sống đang thay đổi của chúng ta, có lẽ vẫn có một giới hạn cho việc tăng cường sức khỏe con người, ngay cả trong tương lai xa. Những kết nối giúp liên kết thế giới của chúng ta cũng có thể mang lại những mối đe dọa sức khỏe mới, và chúng sẽ tạo ra một loạt các thách thức về sinh học, công nghệ và xã hội. Tuy nhiên, bản chất toàn cầu ngày một phát triển của y học cũng sẽ sản sinh ra những ý tưởng và cách tiếp cận mới, cho phép chúng ta giữ tốc độ hoặc thậm chí vượt lên những thách thức này. Cuối cùng thì chính sự liên kết giữa con người, và sự cộng tác mà nó mang lại, cũng sẽ là thứ cứu chúng ta.

5

Bản đồ Gen và Kỹ Thuật Di Truyền

Aarathi Prasad

Sinh học sẽ là ngành khoa học dẫn đầu trong hàng trăm năm tới…

– Freeman Dyson, 1996

Di truyền học là ngành khoa học nghiên cứu ADN – hay các đoạn ngắn của ADN mà chúng ta gọi là gen, và tất cả những gì kiểm soát chúng. Gen là đơn vị thừa kế di truyền của chúng ta, là các tập tin lập trình của cơ thể. Chúng chứa các chỉ thị – các mã cần được thực thi. Đầu flanking là các đoạn mã giúp xác định khi nào thì gen nên hoạt động và hoạt động ở mức nào. Đối với hầu hết các gen, mã của chúng được đọc và dịch thành các protein, những viên gạch xây dựng các mô và cơ quan của chúng ta, cũng như các hóc-môn, kháng thể và hệ thống vận chuyển trong tế bào của chúng ta. Bằng cách này, các gen giữ vai trò quan trọng đối với hình dáng bề ngoài, sức khỏe và tiềm năng của chúng ta.

Kỹ thuật di truyền là những gì chúng ta gọi là thao tác biến đổi gen. Loại thao tác này đã có một lịch

sử lâu dài. Biến đổi gen ở mức độ kỹ thuật thấp (chọn giống) đã khiến những bông ngô trông giống như hoa cỏ cách đây khoảng 10.000 năm trở thành hình dạng bắp ngô ngày nay, và nó cũng đã biến những con sói hoang thành những con chó pug. Gần đây hơn, các phòng thí nghiệm đã tạo ra những loại cây trồng là các nhà máy sản xuất dược phẩm, hay sản xuất một giống lúa giàu vitamin A, vốn rất quan trọng cho hệ miễn dịch và thị lực của chúng ta. Chúng ta vẫn đang biến đổi gen để điều trị và phòng chống bệnh truyền nhiễm, cũng như tạo ra các nguồn năng lượng mới và nguồn thực phẩm bền vững, nhưng cách chúng ta thực hiện những việc này đã bước vào một thế giới công nghệ tiên tiến hoàn toàn mới mà tiềm năng vẫn chưa được khai phá hết.

Hệ gen học là một cách thu thập và lập bản đồ các bộ dữ liệu gen hoàn chỉnh. Đây là một lĩnh vực thu thập thông tin vốn phát triển từ di truyền học và sinh học phân tử – những ngành khoa học nghiên cứu protein và vật liệu di truyền: ADN và ARN. Hệ gen học do đó hướng đến việc lập danh mục các thành phần cũng như những bí mật của các phân tử sống bên trong tế bào của chúng ta. Chỉ hơn một thập niên trước, các cơ sở hóa học tạo nên chuỗi ADN hoàn chỉnh của con người mới lần đầu tiên được giải mã thành công. Đại diện bởi những tổ hợp khác nhau của bốn ký tự, A, C, T và G, đây là bộ gen của con người: tất cả các vật liệu di truyền của chúng ta được viết lại bằng một chuỗi dài 3 tỉ ký tự, chứa khoảng

20.000 gen. Nếu đem viết ra thành một chuỗi liên tục gồm các chữ cái có kích thước của phông chữ trên trang giấy này, bộ gen ấy sẽ có chiều dài tương đương khoảng cách giữa London và Rio de Janeiro. Bộ gen người giờ đây là một phần trong thư viện gen gồm hơn bốn nghìn sinh vật, từ vi khuẩn, vi-rút, đến tinh tinh, thú mỏ vịt và các giống cây có tán của Nhật Bản (một trong số đó, tính theo khối lượng, chứa lượng ADN gấp năm mươi lần so với con người). Nhưng việc tích lũy các danh mục mã hóa sự sống không phải là mục đích cuối cùng. Chẳng hạn, hãy lấy ứng dụng của bộ gen học trong y tế làm ví dụ, con đường tương lai sẽ là một thứ giống như thế này. Đầu tiên, chúng ta phải hiểu cấu trúc của bộ gen và thu thập các thông tin liên quan khác để thể hiện rõ ràng và đầy đủ những yếu tố sẽ giúp gen hoạt động. Sau đó, cần tiến hành nghiên cứu về sinh học của bản đồ gen – ý nghĩa của tất cả các chỉ thị là gì, phần nào trong bộ gen mới thực sự là chỉ thị, và phần nào thì không – và nếu không phải là chỉ thị, thì lý do tại sao chúng lại quan trọng đến mức vẫn tồn tại trong bộ gen suốt thời kỳ tiến hóa. Thứ ba, chúng ta phải tìm ra điều mà bản đồ này cho chúng ta biết về sinh học của bệnh tật để giải quyết một số câu hỏi. Chẳng hạn, tại sao và làm thế nào mà ADN của chúng ta có thể ngăn chặn, hay có lẽ thúc đẩy tiến trình một số bệnh nào đó? ADN tương tác ra sao với các vi khuẩn vốn có thể tấn công chúng ta? Và cuối cùng, làm thế nào chúng ta có thể sử dụng hiểu biết nâng cao này để phát triển tác dụng của các loại

thuốc được nhắm tới vốn có thể được điều chỉnh để có tác động thông minh hơn với hy vọng cải thiện hiệu quả của chăm sóc sức khỏe?

Trong vòng hai thập niên, chúng ta đã có được năng lực cơ bản là đọc bản đồ gen của chính mình và bắt đầu hiểu được phần nào bản hướng dẫn sử dụng di truyền của mình. Mặc dù vậy, chúng ta vẫn chưa tìm thấy tất cả các bộ phận chức năng của bộ gen người, cho dù chúng có hình thành gen hay không. (Chẳng hạn, một số đoạn trong ADN của con người chỉ có chức năng đảm bảo bộ gen được sắp xếp ổn định hoặc chính xác.) Đây chính là một phần quan trọng trong tương lai của nghiên cứu di truyền. Tuy nhiên, có rất nhiều thông tin đã có thể được giải mã. Khi bản đồ gen hoàn chỉnh của con người được công bố vào năm 2004, chỉ mất hai năm để bộ xét nghiệm gen đầu tiên được tung ra trên thị trường. Từ năm 2007 đến năm 2014, nửa triệu người tiêu dùng ở Mỹ đã mua bộ dụng cụ xét nghiệm tại nhà để có thể tiếp cận thông tin được mang trong bộ gen của họ. Khắp toàn cầu, trên các trang bán hàng trực tuyến hay những nơi bán hàng truyền thống, thị trường này hoàn toàn không có dấu hiệu chậm lại. Thêm hai thập niên nữa và chúng ta sẽ không chỉ đọc bản đồ gen của mình một cách thành thạo, mà còn đào sâu thêm; khai thác thông tin di truyền có sẵn trong tay; phá vỡ rào cản an toàn của sự ẩn danh trước đây ngày một lão luyện hơn – bất chấp hậu quả là tốt hay xấu.

Và, khi loài người vượt khỏi việc đơn giản chỉ 'mày

mò' với các mã di truyền vốn dĩ đã luôn hiện diện trong sự sống trên Trái Đất, một kỷ nguyên mới của kỹ thuật di truyền chỉ mới bắt đầu. Bởi một khi có thể đọc rành rọt các mã di truyền, và bắt đầu nắm vững ngữ pháp của nó, ta có thể bắt đầu tự viết mã cho chính mình. Trong tương lai, chúng ta sẽ cố gắng thiết kế các loại ADN ngày càng phức tạp hơn, mở ra một cánh cửa mà chỉ 20 năm nữa chắc chắn sẽ thấy sự tạo tác các dạng sống mới trên hành tinh, hoặc sự phục sinh của các giống loài đã tuyệt chủng. Và, mặc dù nghe như chẳng mấy quan trọng, cả về mặt triết học lẫn tiến hóa, nhưng việc sử dụng mã sinh học bên ngoài lĩnh vực sinh học sẽ trở thành một phần không thể thiếu trong công việc và cuộc sống thường ngày của chúng ta. Xét cho cùng, ADN là một mã sao chép độc lập, một thứ mật mã mà trong gần 4 tỉ năm qua đã luôn biết cách phản ứng với môi trường thay đổi, thích ứng và đa dạng hóa mà không cần đến sự hướng dẫn của con người. Bằng cách hiểu rõ bộ gen, sau đó cố gắng khai thác những gì ADN có thể dễ dàng thực hiện – tự học hỏi, tự thích ứng, tự sao chép – những việc luôn khiến các cỗ máy phi sinh học gặp phải khó khăn, quá trình kết nối giữa máy tính và bộ máy ADN sẽ trở thành một cuộc cách mạng.

Di truyền và hệ gen học trong tương lai có khả năng mang tới cho chúng ta quyền lực, nhờ vào những hiểu biết sâu sắc hơn, khả năng điều chỉnh cơ thể và môi trường, cũng như qua việc cá nhân hóa công nghệ nhiều hơn nữa. Vậy chúng ta sẽ sử dụng những tiến bộ

này bằng cách nào, và sẽ vận dụng kiến thức ngày càng phong phú về gen và bản đồ gen ra sao? Dưới đây là một số cuộc cách mạng công nghệ đang định hình kỷ nguyên mới của di truyền.

Thiết lập bản đồ gen

Cách đây chưa lâu, chỉ riêng việc phân tích ADN – chưa nói đến giải mã toàn bản đồ gen – đã đòi hỏi phải sử dụng các máy móc to lớn, đắt tiền, được đặt trong các phòng thí nghiệm chuyên dụng. Quá trình phác thảo trình tự bộ gen người từng phải mất đến 15 tháng, với cái giá khoảng 300 triệu USD hồi năm 2000. Sang năm 2006, việc phác thảo trình tự gen của một cá nhân sẽ tốn khoảng 14 triệu USD. Mười năm sau đó, chi phí chỉ còn tầm 1500 USD và có thể hoàn tất trong vòng hai ngày. Giờ đây việc giải mã bộ gen đã không còn ở trong các phòng thí nghiệm, và thậm chí không còn ở trong tay các nhà di truyền học. Không cần đến máy móc kềnh càng, các bộ giải mã gen mới có thể nằm gọn trong túi bạn. Các thiết bị này chưa thể lập bản đồ toàn bộ bộ gen của bạn, nhưng hạn chế này sẽ được xử lý sớm thôi. Hiện tại chúng đang được phát triển nhằm nghiên cứu những gen được biết đến là quan trọng vì những lý do cụ thể nào đó, và phản hồi theo thời gian thực. Ví dụ, những cải tiến gần đây có thể phát hiện dữ liệu di truyền của các chủng vi khuẩn hoặc vi-rút gây bệnh cho một người. Điều này vốn đã cho thấy triển vọng trước những thách thức sức khỏe cộng đồng ở những nơi cần đến dịch vụ

này nhất. Ở Tây Phi, một trong những máy giải trình tự gen di động như vậy đã được sử dụng để xác định thành công 148 bộ gen vi-rút Ebola trong cơ thể bệnh nhân. Ở lĩnh vực này, trong tương lai, loại công nghệ gen thu nhỏ, thân thiện với người dùng này nhắm đến việc chẩn đoán chỉ trong vòng vài giờ, và hướng dẫn điều trị các loại bệnh do vi-rút như hội chứng hô hấp Corona, sốt xuất huyết, Ebola, sốt Chikungunya và Zika. Một ngày nào đó, loại công nghệ này có thể nằm trong túi của mọi người giống như một chiếc điện thoại di động vậy.

Ở một thang kích thước nhỏ hơn nữa, chúng ta đã bắt đầu sử dụng chất bán dẫn để phát hiện ADN. Chris Toumazou, thuộc trường Đại học Hoàng gia London, gần đây đã phát triển một loại chip theo dõi có thể được gắn vào USB, và chỉ trong vòng vài phút, nó cung cấp kết quả có thể xem được trên bất kỳ máy tính nào. Chủ động chuyển từ việc nghiên cứu toàn bộ 3 tỉ cơ sở hóa học của bộ gen người sang 1% mà mỗi chúng ta khác nhau, công nghệ bán dẫn của anh đang tạo ra 'địa chỉ IP sinh học' cho từng người. Mỗi loại chip khác nhau đi kèm với USB riêng sẽ tìm kiếm một đột biến cụ thể trong bộ gen người – từ đó kiểm tra khuynh hướng phản ứng của chúng ta đối với một căn bệnh, hay nói cách khác, là mức độ một cá nhân có thể chuyển hóa một số loại thuốc nhất định. Như Toumazou nói, 'Sẽ không còn cảnh bác sĩ nhìn vào tiền sử bệnh của bạn nữa; mà là một bác sĩ nhìn vào tương lai y học của bạn.'

Sử dụng bộ gen

Trong khi tiềm năng mở ra nhờ cuộc cách mạng bản đồ gen có thể được sử dụng để cải thiện sức khỏe con người, nó còn làm được nhiều hơn thế nữa. Các chỉ thị cho mỗi dạng sống đều được mã hóa trong bộ gen của nó. Trong vài năm qua, các kỹ thuật mới, thông minh hơn, nhằm biến đổi gen đã xuất hiện ở vị trí dẫn đầu và đã đem đến một loạt các triển vọng tương lai mà vốn dĩ ta chỉ thấy trong tiểu thuyết khoa học viễn tưởng. Phần lớn thành tựu này là kết quả từ sáng kiến đáng chú ý của Jennifer Doudna và Emmanuelle Charpentier, những nhà nghiên cứu gần đây đã phát minh kỹ thuật bộ gen mạnh nhất thế giới. Nó được gọi là CRISPR và được phát triển như một hệ thống mới để thao tác biến đổi ADN. Kỹ thuật này cho phép chúng ta xem xét kỹ hơn chức năng của các gen cụ thể, bằng cách buộc chúng phải hoạt động, hoặc ngăn chặn hoạt động của chúng, hoặc bằng cách cắt ADN tại các vị trí xác định để thay đổi hoặc ghép nối thêm trình tự gen. Về lý thuyết, điều này có nghĩa là bạn có thể loại bỏ chính xác phiên bản lỗi của một gen nào đó chịu trách nhiệm cho các tế bào bị bệnh, và thay thế nó bằng phiên bản 'lành', hoạt động chính xác. Nhưng công nghệ này còn cho phép các thủ thuật mới vượt ra ngoài việc chỉnh sửa bộ gen. Trong tương lai, nó có khả năng giúp chúng ta tìm ra chức năng của 98% ADN không mã hóa protein, từ đó đưa ta vượt ra ngoài bảng chữ cái của bộ gen, để thực sự hiểu ngữ pháp của nó. Một phần của việc này sẽ được thực hiện nhờ khả năng bật/tắt

các gen theo ý muốn. Nhiều nhà nghiên cứu đã bắt đầu bằng cách sử dụng ánh sáng để kiểm soát vị trí, thời gian và khả năng đảo ngược những thay đổi mà chúng ta có thể tác động lên bộ gen. Đây là điểm giao thoa với một ngành khoa học cũng đang phát triển rất nhanh khác, ngành quang-di truyền (optogenetics) – trong đó các tế bào được kiểm soát bằng ánh sáng và được nghiên cứu trong các phòng thí nghiệm để hiểu sâu hơn về cách hoạt động của não bộ. Trong hai thập niên tới, chúng ta có quyền hy vọng rằng lĩnh vực này sẽ cung cấp những hiểu biết sâu sắc về một loạt các tình trạng sức khỏe, bao gồm các bệnh thoái hóa thần kinh như Parkinson, động kinh, Alzheimer, đột quỵ và mất thính lực, vốn là những bệnh mà hiện nay vẫn chưa được điều trị hiệu quả. Ngoài ra, 'thuốc CRISPR' – trình tự ADN dạng viên nén được tùy chỉnh để khiến vi khuẩn kháng thuốc tự hủy – hiện cũng đang được phát triển.

Chúng ta cũng bắt đầu được chứng kiến nhiều ứng dụng khác của các công nghệ liên quan đến CRISPR – từ các vấn đề quan trọng (ngăn chặn sự biến mất của các bầy ong mật) cho tới những chuyện phù phiếm (vật nuôi như chó, lợn con và cá chép koi với màu sắc tùy ý.) Chỉ vài thập niên nữa, công nghệ này cũng có thể tạo ra các mạch sinh học phức tạp giúp chuyển đổi tế bào thành các nhà máy nhiên liệu sinh học, bằng cách tạo ra vật nuôi có khả năng chống bệnh truyền nhiễm chẳng hạn. Ngoài ra, người ta cũng có kế hoạch cho 'gà CRISPR' theo đó các công cụ chỉnh sửa CRISPR sẽ được tích hợp

trực tiếp vào bộ gen của gà. Các ứng dụng sẽ bao gồm cái gọi là 'nông trại dược phẩm' (farmaceuticals) – chẳng hạn, tạo ra gà chuyển đổi gen có trứng chứa một loại thuốc giúp giải quyết vấn đề về cholesterol.

Cũng có kế hoạch bán 'hồi sinh' các loài động vật đã bị tuyệt chủng. Nghiên cứu đã bắt đầu từ việc chỉnh sửa phôi voi để tạo ra những con voi bắc cực lông lá giống voi ma-mút, hay chỉnh sửa phôi chim bồ câu để đưa trở lại một phiên bản của bồ câu viễn khách mà con người từng săn bắt đến mức tuyệt chủng trong thế kỷ 19.

Di truyền học, khoa học máy tính và bẻ khóa sinh học

Giờ đây khi chúng ta đã có thể đọc nó, thật dễ dàng để nhận ra sự tương tự giữa ADN, một hệ thống mã hóa, với ngành khoa học máy tính. Cuộc cách mạng kỹ thuật số trong vài chục năm qua đã là một nhân tố điều phối chính trong cuộc cách mạng gen và, ngược lại, ADN tiếp tục kết nối với máy tính theo những cách thức lạ thường. Chắc chắn rằng những thông tin ADN cung cấp là hình thức lưu trữ dữ liệu lâu hơn bất kỳ phương tiện lưu trữ nào mà chúng ta thấy xuất hiện rồi biến mất trong suốt nhiều thập niên. Và không giống như đĩa mềm hoặc CD-ROM, chừng nào còn có con người trên hành tinh với công nghệ thích hợp để đọc nó, thông tin từ ADN sẽ vẫn hữu ích. Một lợi ích khác của lưu trữ dữ liệu ADN là kích thước, vì toàn bộ bộ gen của chúng ta nằm gọn trong hạt nhân của một tế bào, thường có đường kính từ 2 đến 10 micron. Để dễ hiểu thì một micron là một phần triệu mét

và một sợi tóc người có đường kính khoảng 75 micron. Minh chứng cho khái niệm này, lưu trữ ADN gần đây đã được sử dụng để ghi lại các tập tin văn bản và âm thanh, gồm toàn bộ 154 bài sonnet của Shakespeare và đoạn clip âm thanh dài 26 giây cắt từ bài phát biểu nổi tiếng 'Tôi Có Một Giấc Mơ' của Martin Luther King. Điều này được thực hiện nhờ một loại mật mã tương tự mã nhị phân thường dùng trong điện tử và điện toán, nhưng thay vào đó là các nucleobase của ADN (A, C, G và T) được kết hợp theo nhóm khác nhau để biểu diễn các bit (0 và 1). Một bit là đơn vị thông tin nhỏ nhất có thể lưu trữ hoặc thao tác trên máy tính, và đối với các bài sonnet của Shakespeare, đã có 5,2 triệu bit thông tin được mã hóa trong ADN.

Ngoài việc lưu trữ dữ liệu, bản thân máy tính ADN cũng đã là một tương lai rất hấp dẫn, nếu không muốn nói là hơi vượt ngoài ý muốn. Bắt đầu từ việc giải quyết các bài toán khó mà các nhà khoa học máy tính cho là thú vị – bởi nguồn chi phí và những giới hạn công nghệ trong việc tạo ra các linh kiện 'siêu nhỏ' dùng cho những chiếc máy tính điện tử, điện thoại thông minh và máy tính bảng chưa bao giờ nhỏ hơn thế mà chúng ta đang trở nên phụ thuộc hơn bao giờ hết. Tuy nhiên, việc ngày càng thu nhỏ các thiết bị điện tử chưa từng thấy đã sắp đạt đến giới hạn của nó – các nhà khoa học ở Intel dự đoán điều này sẽ xảy ra ngay sau năm 2018. Tuy nhiên, với các máy tính ADN, từng phân tử riêng lẻ là thông tin đầu vào, trong khi các phân tử sinh học khác, chẳng hạn

như protein, có thể hoạt động như bộ vi xử lý. Không giống như kiểu tính toán thông thường, trong đó dữ liệu được xử lý theo trình tự, làm mất thời gian, máy tính ADN có thể xử lý nhiều dữ liệu song song cùng lúc, làm tăng đáng kể tốc độ xử lý. Các tính toán đã được thực hiện bằng cách sử dụng ADN hoặc ARN trôi tự do trong các ống nghiệm, hoặc trên các tấm thủy tinh, giống như một tấm kính hiển vi được phủ bằng vàng và được bố trí như một bảng mạch. Một tập hợp các phân tử ADN chứa thông tin mã hóa về các giải pháp khả thi cho một vấn đề tính toán đã được tạo ra và gắn vào bề mặt này.

Chúng cũng có thể được dùng ở những nơi, và trên những quy mô, mà các máy tính truyền thống không thể dùng được: bên trong một tế bào, hoặc trong các vật liệu rất mỏng mà chúng ta tổng hợp được. Điều này mở ra những khả năng mới trong đó các máy tính sinh học siêu nhỏ có thể được cấy vào tế bào, để xác định mô bị bệnh, tự hủy một cách có lựa chọn trình tự gen, hoặc tái lập ADN bị hư hỏng của một tế bào. Chẳng hạn, các tế bào ung thư có thể được lập trình lại để chúng không nhân lên thành khối u, hoặc tế bào gốc có thể được lập trình lại để phát triển thành các cơ quan thay thế. Những máy tính sinh học này cũng đã được chứng minh là có khả năng kiểm soát các phân tử trị liệu sinh học, gồm cả một số loại thuốc.

Tương tự, đã có một số ví dụ ấn tượng về các mạch phân tử dựa trên ADN – bao gồm các mạch được tạo ra để mã hóa một phiên bản của trò đánh cờ caro (cạnh

tranh mạnh mẽ với đối thủ là con người); hay mạch dùng để tính căn bậc hai; và mạch thần kinh biểu hiện những hành vi tự chủ giống như của não bộ. Tuy nhiên, cho đến nay, việc bắt chước lô-gích kỹ thuật số của máy tính vẫn khó đến khủng khiếp, và khả năng tính toán của ADN không thể cạnh tranh với các 'máy tính silicon' trong việc thực hiện bất kỳ thuật toán nào.

Tuy nhiên, lĩnh vực này đang mở ra các ứng dụng sinh học và y sinh lý thú. Vài chục năm tới, máy tính ADN sẽ tạo ra các thiết bị ADN mới hơn và tốt hơn, có thể hoạt động như các cảm biến sinh học được dùng trong chẩn đoán bệnh, trong công nghệ nano, hoặc để giành lại quyền kiểm soát có thể lập trình của các tế bào sinh học của chúng ta. Nó cũng sẽ tích hợp trong quá trình phát triển và phân phối 'thuốc thông minh' tới những nơi cần thiết trong cơ thể: loại hóa chất sẽ cảm nhận và phân tích nhiều dấu hiệu sinh lý, sau đó thực hiện các thao tác hợp lý để giải phóng thuốc hoặc điều chỉnh cách biểu hiện gen. Và, ngoài mặt đem lại cuộc sống thông minh và hạnh phúc hơn, sự kết hợp của ADN và điện toán cũng có thể đưa chúng ta đến gần hơn với việc khám phá các bước diễn ra trong tự nhiên giúp sự sống được hình thành và tồn tại.

Trong khi đó, cũng giống như cách mà những máy tính to lớn từng chỉ được các chuyên gia sử dụng dần trở thành các thiết bị di động có sẵn cho mọi người, có thể tiên đoán rằng kỹ thuật di truyền sẽ ngày càng được nhiều người bên ngoài phòng thí nghiệm truyền thống

tiếp cận và sử dụng trong những không gian cá nhân hơn nhiều. Ai sẽ sử dụng khoa học di truyền và bản đồ gen, theo cách nào và khi nào – tất cả đều đã trải qua một sự thay đổi lớn, và sẽ ngày càng được 'dân chủ hóa'.

Điều này mang lại cả cơ hội lẫn thách thức. Cả bác sĩ và bệnh nhân đều nhanh chóng nắm lấy tính cá nhân hóa mà cuộc cách mạng gen đã mang lại cho chúng ta và y học cá thể đã và đang được sử dụng trong nhiều địa hạt, từ việc điều chỉnh liều lượng thuốc tới tìm ra quá trình điều trị tốt nhất cho bệnh bạch cầu, HIV và ung thư đại trực tràng. Nó cũng trở nên phổ biến hơn nhiều đối với những người tuy không bị bệnh, nhưng vẫn quan tâm đến việc khám phá sức khỏe tương lai của họ. Nhiều người hiện đang sử dụng các bộ dụng cụ và dịch vụ có thể mua được từ cửa hàng hoặc website để giải trình tự gen của mình qua các thử nghiệm di truyền được tiếp thị tận tay người tiêu dùng. Andrew Hessel, một nhà nghiên cứu tại Autodesk, người tham gia các dự án bao gồm kỹ thuật hạt nano, công nghệ tổng hợp ADN mới và lập bản đồ gen của con người, nói rằng mô hình kinh doanh các trình tự ADN đang thay đổi khi chúng ta tiến vào tương lai. Đã có các công ty giải trình tự gen người miễn phí, sau đó mới bán thêm dịch vụ phân tích hoặc các dịch vụ khác. Vài công ty khác chấp nhận trả tiền để giải trình tự gen của một số người bởi họ sở hữu những đặc điểm có giá trị đáng để sàng lọc dữ liệu trong mã ADN của họ. Điều gì sẽ xảy ra nếu ta có thể xác định nền tảng di truyền của những đặc điểm mong muốn

như không rụng tóc, không mọc tóc … ở sai chỗ, hoặc tóc không bao giờ bạc; hoặc là chẳng cần ngủ nhiều mà trông vẫn thật trẻ trung ngay cả khi luống tuổi, hoặc có thị lực tốt hơn, thậm chí khả năng nhìn thấu trong đêm? Việc nghiên cứu bộ gen của những người có các đặc điểm này có thể là một bước tiến tới việc tìm kiếm một loại thuốc có thể truyền những đặc điểm này sang cho người khác.

Nhưng để thu thập bất kỳ thông tin di truyền nào thì cũng cần phải có mẫu thử ADN – những bí mật trong bộ gen của chúng ta sẽ được đưa vào một ống nhỏ và được gửi tới phòng thí nghiệm, nơi sẽ giải mã từng phần của nó, rồi gửi lại qua Internet. Nghe có vẻ vô hại – ngay cả khi bạn có tổ tiên là người Viking hay bà cố xa xưa của bạn là Cleopatra dù chẳng đáng tin là bao, những diễn giải hạn chế về dữ liệu di truyền mà chúng ta có thể hiểu ngày nay được dự đoán sẽ tăng lên đến mức có thể gây rủi ro chỉ trong mười năm nữa. Bộ gen người không chỉ xác định duy nhất chủ nhân của nó mà còn chứa đựng thông tin về di sản chủng tộc, cũng như khuynh hướng phản ứng lại bệnh tật và tình trạng sức khỏe, bao gồm rối loạn tâm thần, những điều có ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự riêng tư của chúng ta.

Như chuyên gia bảo mật máy tính Emiliano de Cristofaro, Đại học London, cho biết, ngay cả những sáng kiến y tế công cộng gần đây nhằm tạo ra các kho dữ liệu công khai 'vì mục đích cao cả' cũng yêu cầu các bệnh nhân và nhà tài trợ cơ bản là từ bỏ quyền riêng

tư của họ. Giải trình tự gen ẩn danh – loại bỏ các yếu tố định danh để che giấu danh tính của chủ sở hữu bộ gen – hầu như không hiệu quả, ông nói. Chẳng hạn, gần đây một nhóm các nhà nghiên cứu đã có thể xác định danh tính của nhiều người chỉ bằng thông tin có sẵn từ các trang web phả hệ. Đây thậm chí còn chẳng phải các trang web với dữ liệu trình tự gen đầy đủ, mà chỉ là các mảnh nhỏ, đứt đoạn trong bộ gen của những người này.

De Cristofaro cảnh báo rằng không chỉ sự phát triển của khoa học máy tính trong những năm tới sẽ khiến cho việc tiết lộ dữ liệu ADN của chúng ta trở nên thiếu an toàn hơn mà thực tế là vẫn còn một phần của bộ gen với chức năng chúng ta hiện không biết, chúng trông có vẻ vô hại khi được tiết lộ, nhưng một khi chúng ta hiểu rõ hơn về bộ gen, những phần dữ liệu ADN này có thể được sử dụng để chống lại chủ nhân của chúng. Chẳng hề xa vời khi nghĩ đến việc dữ liệu ADN được dùng làm vũ khí. Biết được tính đặc thù trong bộ gen của một mục tiêu nào đó có thể là một cơ sở tuyệt vời để tạo ra các loại vũ khí sinh học được cá nhân hóa để tiêu diệt mục tiêu đó mà không để lại dấu vết gì. Nhưng trên góc độ thực tế hơn, De Cristofaro đặt ra câu hỏi:

> Điều gì sẽ xảy ra nếu chúng ta phát hiện rằng mình có một đột biến có liên quan đến rối loạn tâm thần? Một khi dữ liệu bị lộ ra, bạn sẽ không thể lấy lại. Đừng quên rằng dữ liệu di truyền sẽ nêu lên những thách thức chưa từng có về bảo mật, vì độ nhạy của bộ gen không bị suy giảm theo thời gian và thông tin về bộ gen của một

người cũng chứa đựng thông tin về người thân của họ. Sau tất cả thì nếu mật khẩu máy tính của bạn bị tiết lộ, bạn có thể thiết lập mật khẩu mới, nhưng bạn chẳng thể thiết lập lại bộ gen của mình.

Trong một tương lai ít u ám hơn, dân chủ hóa gen sẽ tiếp tục phát triển theo con đường đã được thiết lập trong thập niên vừa qua, với các phòng thí nghiệm cộng đồng xuất hiện đầy bất ngờ ở nhiều thành phố lớn, nơi những người không được đào tạo bài bản về khoa học sẽ tiếp tục đẩy mạnh các công nghệ chi phí thấp và dễ tiếp cận. Nhiều người – không phải các nhà khoa học – hiện đã bắt tay vào hàng loạt dự án, từ sản xuất insulin giá rẻ đến biến đổi các giống cây trồng. Nhưng tiến bộ trong khoa học di truyền cũng thể hiện cả khía cạnh giải trí – bất cứ điều gì, từ lập mã vạch theo chuỗi ADN trong món mứt cho đến khiến vi khuẩn phát sáng trong bóng đêm như đèn đường.

Hơn thế nữa, Andrew Hessel tin rằng tương lai của chúng ta là nơi mà công nghệ sinh học sẽ có mặt ở mọi nhà. Cũng giống như chúng ta đang có máy tính cá nhân, web và giờ là lưu trữ đám mây, tương lai sẽ chứng kiến các thiết bị gia dụng tích hợp công nghệ sinh học dễ sử dụng, chẳng hạn như bàn chải đánh răng theo dõi vi khuẩn trong miệng.

Trong khi một số khía cạnh tương lai của di truyền học đã bắt đầu đơm hoa kết trái, số khác có thể còn phải chờ thêm một khoảng thời gian nữa, và có lẽ chúng cũng

sẽ không xảy ra theo cách mà hầu hết mọi người mong đợi. Nhưng, như lời Hessel, những gì chúng ta có thể chắc chắn là công nghệ ADN sẽ tiếp tục trở nên tốt hơn, nhanh hơn và rẻ hơn – và điều đó là cực kỳ quan trọng bởi vì chúng sẽ cho phép chúng ta thiết kế những sinh vật sống. 'Việc vận dụng và các tiến bộ nhanh chóng của công nghệ này là không thể tránh khỏi,' ông nói. 'Chúng ta không thể dừng nó ngay cả khi chúng ta muốn thế. Giống như máy tính vậy.'

6
Sinh học Tổng hợp

Adam Rutherford

Có lẽ chúng ta đồng thuận rằng 314 USD là quá nhiều cho một chiếc cà vạt. Nhưng nếu tôi nói cho bạn biết đó là một chiếc cà vạt siêu đặc biệt đã được dệt từ tơ nhện thì sao? Một món hàng độc đủ lạ để đi kèm với cái giá hơi … cắt cổ này. Lụa tơ nhện là một chất liệu đáng chú ý: một loại protein với nhiều dạng khác nhau, tùy thuộc vào loài nhện và mục đích sử dụng – từ dệt mạng nhện, bao con mồi trong kén, đến bảo vệ trứng của chúng. Mỗi dạng tơ nhện lại có tính chất cơ học, khả năng đàn hồi và đặc điểm vật lý vượt quá những gì con người hiện có thể tạo ra. Trông mỏng manh là thế nhưng thật ra loại lụa này còn mạnh và bền hơn cả thép. Mỗi sợi tơ được ép ra khỏi bụng nhện qua một trong các vú tơ – một hệ thống vô cùng phức tạp gồm các đầu nối nội tại ghép các sợi protein tơ ngắn tùy thuộc vào loại mạng cần đến.

Dù rằng chúng ta có thể rất thích thu hoạch tơ nhện, và khai thác tính chất vật lý đáng ngạc nhiên của nó, nhện nổi tiếng là loài khó nuôi nhốt. Hầu hết các loài nhện đều có các đặc điểm không hoàn toàn có lợi cho

nền nông nghiệp công nghiệp hóa (vốn cần tạo ra tơ với số lượng đủ lớn); nhện chỉ sống đơn độc và nếu ta bỏ chúng vào chung một cái lồng, nhện sẽ quay sang ăn thịt đồng loại. Vì vậy, lý do thứ hai khiến cho cà vạt lụa tơ nhện trở nên đắt đỏ là bởi chất liệu này thực tế chưa bao giờ đến từ một con nhện hay một cái vú tơ nào cả. Loại lụa này đã được nuôi và lên men từ nấm men!

Vâng, chào mừng đến với thế giới kỳ thú của sinh học tổng hợp. Cái tên này dĩ nhiên nghe thật nghịch tai: sinh học là tự nhiên, và do đó không thể là thứ có thể tổng hợp được. Câu hỏi hóc búa này là trọng tâm của một công nghệ sẽ ảnh hưởng sâu sắc – thậm chí thống trị – không chỉ tương lai của ngành may mặc, mà còn của y học, nông nghiệp, chế biến thuốc, sản xuất năng lượng và cả khám phá không gian. Cà vạt là sản phẩm đầu tiên được một công ty sinh học tổng hợp có tên là Bolt Threads sản xuất. Theo cách nào đó, đây là một cột mốc quan trọng, mặc dù nó không thực sự là một sản phẩm thương mại có thể bán được trên thị trường đại chúng – chỉ mới có 50 chiếc cà-vạt-protein-tơ-nhện được sản xuất, và tuy sở hữu kiểu dệt màu xanh rất thời trang, chúng vẫn khá là đắt. Bolt Threads là một công ty quan tâm đến việc sản xuất các chất liệu vải vượt xa các hình thức nuôi trồng và thu hoạch truyền thống như bông, len hoặc lụa từ các sinh vật kém hiệu quả như thực vật và động vật. Con người đã 'thiết kế' các loài động thực vật suốt hơn 10.000 năm qua để chúng tạo ra các loại hàng hóa phục vụ cho nhu cầu riêng của chúng ta.

Nhưng nông nghiệp luôn bị hạn chế bởi quá trình sinh sản hữu tính chậm chạp và nhiêu khê thông qua giao phối, và gần như chỉ diễn ra giữa các sinh vật trong cùng một loài. Nhờ có sinh học tổng hợp, giờ đây chúng ta có thể bỏ qua quá trình sinh sản mà kết hợp hai sinh vật thậm chí không có khả năng giao phối, vốn đã bị tách biệt trên cây tiến hóa từ hàng trăm triệu năm nay – nhện và nấm men. Các nhà sinh học tổng hợp tìm cách trích xuất mã nguồn và tái kết hợp nó vào các cỗ máy sinh học làm việc hiệu quả hơn.

Mã nguồn của thiên nhiên chính là ADN. Protein tơ nhện được mã hóa trong những gen mà trong vài trăm triệu năm qua chỉ tồn tại ở riêng loài nhện. Vài chục năm trước, chúng ta đã bắt đầu háo hức trích xuất và mô tả đặc điểm các gen một cách chính xác, và rồi tự hỏi làm thế nào chúng ta có thể gắn chúng trở lại các sinh vật, đôi khi vào cùng một loài, đôi khi vào những loài cực kỳ khác nhau. Các gen có thể được giữ nguyên vẹn để xem chúng sẽ hoạt động ra sao, hoặc có thể được sửa đổi, thậm chí cố tình làm cho tê liệt như một cách để kiểm tra chức năng tự nhiên của chúng khi quan sát điều gì sẽ xảy ra nếu một phần nào đó trên gen bị phá vỡ. Đó chính là kỹ thuật di truyền, và nó được xây dựng trên nền tảng là tính phổ quát của mã nguồn sinh học – tất cả các sinh vật trên Trái Đất đều nằm trên cùng một cây phả hệ, một mạng lưới trải dài vô song mà, theo thuyết chọn lọc tự nhiên của Charles Darwin, nó đã phát triển và nở rộ trong khoảng 4 tỉ năm. Điều đó có nghĩa là tất cả các sinh

vật đều được mã hóa bằng ADN. Nó là một bảng chữ cái siêu đơn giản chỉ gồm bốn ký tự hóa học, kết hợp với nhau thành một ngôn ngữ viết nên gen; ngôn ngữ của các gen được phiên dịch thành các từ tạo thành từ amino axit. Mọi sinh vật sống đều chỉ sử dụng 21 amino axit, liên kết với nhau tạo thành protein. Tất cả các protein đã từng tồn tại đều được 'viết' theo cách này, và tất cả sự sống được tạo thành từ, hoặc bởi, các protein.

Sự ra đời của kỹ thuật di truyền vào giữa thập niên 1970 là đã thừa nhận thực tế rằng nếu ta làm đúng cách, tế bào hay vật chủ sẽ chẳng quan tâm ADN đến từ đâu, chừng nào nó có thể đọc được. Các gen cung cấp chỉ thị để tạo ra protein và nói cho chúng biết phải làm gì, vốn chỉ được tìm thấy ở độc một loài, nay có thể được gắn vào ADN của một loài hoàn toàn khác.

Ít năm trước, The Beatles đã phát minh ra *sampling* – lấy mẫu nhạc. Khi thu âm ca khúc 'Being for the Benefit of Mr Kite' cho album *Sgt Pepper's Lonely Hearts Club* (1967), George Martin và Paul McCartney đã sử dụng cuộn băng ghi âm các nhạc cụ gánh xiếc thời Victoria được gọi là calliopes và cắt chúng thành những đoạn ngắn. Huyền thoại kể lại rằng cả hai đã ném những 'dải nhạc' này lên cao, sau đó chọn ngẫu nhiên những dải rớt xuống sàn, rồi đưa chúng vào bản phối. Các nốt nhạc được viết bằng cùng một ngôn ngữ và bằng cách cẩn thận xếp chủ âm và nhịp điệu, đoạn chuyển tiếp – lần đầu tiên trong lịch sử – được lấy (theo đúng nghĩa đen) từ một bản ghi âm khác và chèn liền mạch để hoàn thành

bài hát. Kể từ đó, việc lấy mẫu đã trở nên phổ biến trong âm nhạc đại chúng, và đã sản sinh ra nhiều thể loại mới, đặc biệt là hip-hop, vốn là loại nhạc sinh lời nhất trong lịch sử.

Năm 1973, nhóm nghiên cứu do một nhà khoa học của trường Stanford tên là Paul Berg dẫn dắt đã chuyển thành công một gen từ loại vi-rút này sang loại vi-rút khác. Thao tác lấy mẫu sinh học này có thể được coi là sự kiện đánh dấu sự ra đời của sinh học hiện đại, và nền tảng của một công nghệ sinh học sẽ thống trị tất cả những ngành khác. Hiện tại không có lĩnh vực nào trong ngành nghiên cứu về sự sống mà lại không dựa vào những kỹ thuật này. Việc xác định các gen lỗi gây ra bệnh, và sau đó xác định tất cả các gen *của chúng ta* trong Dự án Bản đồ Gen Người (Human Genome Project, HGP), hoàn toàn phụ thuộc vào khả năng trích xuất gen, đưa chúng vào vi khuẩn, nơi chúng có thể được điều chỉnh, mô tả và tìm hiểu. Lĩnh vực nghiên cứu của cá nhân tôi – di truyền học phát triển – dựa vào việc lấy gen từ một sinh vật và chèn chúng vào một gen khác đã được hiểu rõ hơn, hoặc dễ dàng điều chỉnh hơn, để xem ảnh hưởng là gì. Chúng tôi lấy gen của người và đưa chúng vào vi khuẩn, mày mò mã nguồn một chút, và sau đó ghép chúng vào lũ chuột. Sau vài thập niên, kể từ những năm 1980 trở đi, hành động phối trộn sinh học này đã trở thành điều bình thường.

Vào thời điểm thế kỷ 20 nhường chỗ cho thế kỷ 21, các lĩnh vực di truyền học, kỹ thuật di truyền và sinh học

phân tử cũng phát triển từ giai đoạn phôi thai sang thời thơ ấu. Những ngày đó, với bong bóng HGP bập bùng khắp mọi nơi, cảm thấy như 'cơn sốt' và đầy phấn khích, tôi nghĩ rằng đó là cảm giác của tất cả những lĩnh vực nghiên cứu khi đang ở giữa một cuộc cách mạng. Nhưng khi nhìn lại, tất cả chúng ta đều làm việc rất chậm chạp và không hiệu quả, phần lớn bởi vì rất nhiều thao tác biến đổi ADN vốn là nền tảng cho các thí nghiệm của chúng ta chỉ được phát minh mỗi khi ta bắt tay thực hiện thử nghiệm. Chúng ta phải tự tay cắt băng ghi âm calliopes mỗi khi muốn lấy mẫu. Đây là một thế giới của việc phối trộn đặt trước đặc thù.

Đây gần như là câu chuyện của tất cả các công nghệ mới. Chúng cần phải được phát minh trước đã, và quá trình này thực sự rất lộn xộn và đầy tính thử nghiệm. Sau đó chúng mới được tinh chỉnh, sao chép và phân phối rộng rãi để ai cũng có thể tiếp cận. Chúng nhanh chóng trở nên dễ sử dụng và cuối cùng trở thành điều bình thường. Lấy mẫu nhạc giờ đây là trò trẻ con, thậm chí bạn có thể thử ngay trên điện thoại thông minh của mình. Tôi đang viết những dòng này về loại công nghệ mà 50 năm trước đây chẳng ai tưởng tượng được, một công nghệ chính tôi cũng mới chỉ hiểu đôi chút, một công nghệ với hành vi có thể dự đoán trước, dựa trên các nguyên tắc đơn giản về điện tử và tính chất của vật liệu. Thao tác bắn một chùm electron qua dây, mạch, cổng lô-gích và bóng bán dẫn vào đi-ốt phát quang là một hành động phức tạp mà tôi không thể hiểu nổi nó thực sự xảy

ra như thế nào. Chính việc thương mại hóa các thiết bị này đã tạo điều kiện cho sự bùng nổ trong ngành điện tử. Các bộ phận đã được chuẩn hóa. Bạn không phải phát minh ra đi-ốt mỗi khi muốn sử dụng nó. Bạn chỉ việc đi mua một cái và gắn nó vào mạch điện cùng với các thiết bị khác, hiểu rõ chúng sẽ phối hợp hoạt động như thế nào.

Các thành phần cấu tạo đang ngày càng nhỏ đi, và việc thiết kế các mạch điện phức tạp trở nên đơn giản hơn bao giờ hết. Ngày nay, các thiết bị điện tử sử dụng bóng bán dẫn có liên quan đến gần như tất cả các khía cạnh trong cuộc sống con người.

Những nhà sáng lập sinh học tổng hợp đã nhận ra điều này. Chủ yếu làm việc tại Mỹ, trong các trường Stanford và MIT, các kỹ sư điện và nhà toán học nhận thấy rằng gen di truyền đã được mã hóa theo mạch, và có thể viết được và được viết lại, nhưng các nhà di truyền học đã mất một nửa thời gian của mình để tái phát minh các mạch này. Nếu các phần của kỹ thuật di truyền được chuẩn hóa như các thành phần trong mạch điện tử, thì tốc độ phát triển trong việc sử dụng sinh học như các nhà máy đã có thể tăng theo hàm số mũ.

May mắn thay, người ta đã làm vậy. Quỹ BioBricks được thành lập vào năm 2006 để tạo ra một kho lưu trữ mở gồm các đoạn ADN tiêu chuẩn, được khéo léo biến đổi để có thể sắp xếp và lắp ghép với nhau như những mảnh Lego. Đây hoàn toàn không phải một sự lắp ghép mang tính ẩn dụ: các gen và gen chuyển đổi được trích

xuất dưới dạng chuỗi ADN, và mỗi đầu đều được điều chỉnh để sao cho chúng có thể dễ dàng gắn vào một mảnh khác theo đúng hướng sinh học. Mỗi bộ phận gen này đều có thể được gọi ra từ kho lưu trữ, và có thể gửi đi khắp thế giới trên một tờ giấy thấm nhỏ. Khi bạn thêm vào vài giọt chất lỏng, các đoạn ADN sẽ tự nổi lên và gắn vào các đoạn khác, giống như một chuỗi domino. Chỉ bằng hành động đơn giản như vậy, bạn đã vừa thực hiện một thao tác kỹ thuật di truyền từng là điều không tưởng trong phần lớn lịch sử loài người, thậm chí cả trong lịch sử khoa học hiện đại.

Tiểu thuyết khoa học viễn tưởng thường rất giỏi trong việc dự đoán các công nghệ tương lai, nhưng chẳng có cuốn sách nào đoán trước được điều này. Sự tiến hóa, với quá trình thử-sai không thể bắt chước được kéo dài tận 4 tỉ năm, đã cung cấp một nguồn tài nguyên không tưởng để xây dựng các vật thể sống: gen, với vô số hình dạng và mỗi dạng đều được tinh chỉnh để tối ưu hóa khả năng tồn tại bên trong vật chủ khi môi trường xung quanh thay đổi. Với sinh học tổng hợp, chúng ta đã phát minh ra một hệ thống giúp kết hợp các thành phần di truyền của tiến hóa và phối trộn chúng không phải để sống sót trong vật chủ, mà nhằm mục đích riêng của chúng ta.

Có rất nhiều loại hình sinh học tổng hợp, một số nhà nghiên cứu không chỉ viết lại mã nguồn vì mục đích cụ thể mà thậm chí còn tái phát minh ngôn ngữ của ADN bằng các 'chữ cái' không tồn tại trong tự nhiên,

hoặc phát triển các phiên bản ADN sửa đổi vốn chưa từng tồn tại. Những người khác tập trung vào việc sử dụng ADN như một thiết bị lưu trữ dữ liệu – rốt cuộc thì đó cũng là những gì chúng đang làm cho sự sống. Gen là thông tin, và ADN là một định dạng dữ liệu ổn định đáng kể – chúng ta có thể phục hồi bộ gen của con người và các sinh vật đã chết hàng chục hoặc thậm chí hàng trăm ngàn năm. Và bởi vì đó là ADN, sẽ chẳng lúc nào chúng ta không nghiên cứu nó. Thử quay trở lại thế giới của phần cứng kỹ thuật số, dữ liệu bị hư hỏng và các định dạng nhanh chóng trở nên lỗi thời chỉ trong vài năm, chứ không phải vài thập niên. Bạn có còn nhớ những chiếc đĩa mềm 5 inch không? Hoặc băng video Betamax? Một số dự án trên khắp thế giới đã mã hóa thành công nhiều video, các bài sonnet của Shakespeare, sách cùng các dữ liệu kỹ thuật số khác vào trong ADN, hiện đang là dạng lưu trữ kỹ thuật số chặt nhất, gấp nhiều lần Blu-Ray theo lũy thừa của 10. Ở thời điểm này, ADN là dạng bộ nhớ khá chậm trong việc ghi và đọc thông tin, có nghĩa là nó chỉ được sử dụng trong lưu trữ lâu dài. Nhưng trong tương lai, có lẽ chúng ta sẽ chạy các máy tính với ổ đĩa theo định dạng ADN.

Trong thập niên đầu tiên sau khi sinh học tổng hợp ra đời, nhiều ý tưởng đều rất phi thường, và tiềm năng để phát minh tương lai cho chính mình là chưa từng có. Phạm vi của các ý tưởng và kỹ thuật thật sự đáng kinh ngạc, nhưng động lực chính là nhằm thiết kế các mạch di truyền tạo ra sản phẩm, thường là những sản phẩm

khó hoặc cho đến nay chúng ta không thể sản xuất theo bất kỳ cách nào khác.

Một trong những điểm sáng của phong trào sinh học tổng hợp cho đến nay là để ứng phó với nguyên nhân gây tử vong cao nhất trong lịch sử. Mỗi năm, có khoảng từ 200 đến 500 triệu ca nhiễm sốt rét, trong đó có khoảng 400.000 ca tử vong, phần lớn là trẻ em dưới 15 tuổi. Trong suốt lịch sử loài người, 'bóng ma' vĩnh cửu này đã tồn tại lâu hơn bất kỳ nguyên nhân đơn lẻ nào khác. Công tác điều trị trong những năm qua đã giúp xoa dịu tình hình, nhưng việc lạm dụng thuốc không kiểm soát đã dẫn đến kết quả lặp đi lặp lại là động vật nguyên sinh *Plasmodium* – loài gây ra sốt rét – đã phát triển tính kháng thuốc và khả năng miễn dịch đối với các loại thuốc cụ thể. Trong những năm gần đây, một hóa chất gọi là artemisinin đã nổi lên như phương pháp điều trị hiệu quả nhất. Đây là hoạt chất được chiết xuất từ cây ngải cứu ngọt châu Á theo truyền thống, nhưng cũng như nhiều nguyên liệu được canh tác truyền thống, nó đang phải chịu ảnh hưởng của các chu trình bùng nổ-tan vỡ và giá cả thị trường đã biến động mạnh suốt nhiều năm. Trong những năm đầu của thế kỷ 21, khi một công ty sinh học tổng hợp ở San Francisco tên là Amyris nghiên cứu một dạng diesel có thể phát triển từ men, một thành viên trong đội ngũ này nhận thấy rằng một trong những sản phẩm trên con đường phân tử loằng ngoằng lại là tiền thân của artemisinin. Vì vậy, họ bắt đầu tinh chỉnh mạch di truyền để trong các tế bào nấm

men, artemisinin có thể được sản xuất với khối lượng lớn và được chiết xuất như một nguồn nguyên liệu mới cho thuốc kháng sinh. Quỹ Bill và Melinda Gates đã nhận ra đó là một chiến lược tiềm năng để điều trị bệnh sốt rét trên diện rộng, phá vỡ các xiềng xích kinh tế của nông nghiệp truyền thống, và đã quyết định đầu tư nhiều triệu USD, trong khi đó, công ty dược phẩm Sanofi đã được cấp phép để đưa loại thuốc này ra thị trường với giá thấp hơn đáng kể.

Việc sử dụng các tế bào làm cảm biến cũng đã được phát triển kể từ những ngày đầu của sinh học tổng hợp. Cỗ máy sự sống có thể cực kỳ nhạy – trên hết, các tế bào nhạy sáng trong võng mạc của bạn có khả năng phát hiện dù chỉ một photon đơn lẻ của ánh sáng. Ngày nay, các tế bào đang được tái lập trình để phát hiện một loạt những dấu hiệu cảnh báo trong môi trường, chẳng hạn phát hiện tạp chất trong những phần thịt đóng gói ở siêu thị, các chất trong dầu mỏ gây ô nhiễm, hoặc các tác nhân gây nhiễm khuẩn trong cơ thể.

Sinh học tổng hợp cũng không bị giới hạn ở Trái Đất. NASA đã bày tỏ sự quan tâm đặc biệt và tiến hành đầu tư vào việc phát triển các công nghệ xuất phát từ việc tái lập trình ADN, chủ yếu là do các tế bào có kích thước rất nhỏ và gần như không trọng lượng. Chi phí lớn nhất trong các đợt thăm dò không gian có liên quan đến trọng lượng. Một số ước tính đã cho thấy rằng phải tốn khoảng 10.000 USD nhằm phá vỡ trọng lực để đưa 1 kg vật chất từ Trái Đất vào không gian. Nếu chúng ta nghiêm túc

về việc đưa con người đến các hành tinh khác thì cần phải xem xét hai trở ngại chính. Trước tiên, không gian ngoài vũ trụ là môi trường vô cùng khắc nghiệt – chúng ta chưa tiến hóa đủ để tồn tại bên ngoài tấm kén bảo vệ của bầu khí quyển Trái Đất – nơi các tàu không gian sẽ chìm trong đủ các loại tia vũ trụ và tia sáng mặt trời với mức độ phơi nhiễm bức xạ chết người; trên một chuyến đi mô phỏng vòng quanh Hỏa Tinh, các phi hành gia phải đối diện với việc bị vô sinh, đục thủy tinh thể, và có nguy cơ mắc ung thư. Cách tốt nhất để chống lại những tia chết người đó là che chắn mình bằng lớp kim loại siêu dày, siêu nặng, và do đó cũng cực kỳ tốn kém. Các nhà nghiên cứu của NASA tại Ames, California đã cân nhắc khả năng sinh học tổng hợp có thể giúp chống lại những tác động này và đang nghiên cứu loại vi khuẩn tiết ra cytokine khi được sự phơi nhiễm bức xạ kích hoạt. Cytokine là chất sinh ra từ phản ứng tự nhiên của cơ thể khi ADN bị tổn thương do bức xạ, do đó một loại vi khuẩn sinh học tổng hợp với khả năng tạo ra cytokine của riêng nó có thể chống lại thiệt hại ngoài không gian.

Lý do thứ hai khiến NASA đầu tư vào một chương trình sinh học tổng hợp là bởi vì khi các phi hành gia đến một hành tinh khác, họ sẽ cần nhà ở, ôxy và thức ăn. Các dự án khác nhau đã sử dụng nghiên cứu những mảnh gạch sinh học BioBricks nhằm tạo ra các mạch di truyền trong tế bào có thể tạo ra ôxy, thực phẩm và thậm chí cả gạch xây dựng – chúng tiết ra các phân tử xi măng, và khi được trồng trong lớp cát mô phỏng bề mặt Hỏa Tinh,

chúng sẽ tạo thành gạch. Nguyên liệu cần thiết cho việc này là một ống nghiệm chứa các tế bào, chút nước và chút cát Hỏa Tinh. Chỉ một trong ba thành phần này là phải được vận chuyển từ Trái Đất.

Tính sáng tạo này đã được hoàn toàn tạo điều kiện phát triển nhờ một lòng nhiệt thành với những hứa hẹn của giấc mơ sinh học tổng hợp. Đây là một lĩnh vực sôi nổi và non trẻ. Bất cứ ai cũng có thể chế tạo các mạch di truyền này – giới hạn duy nhất là trí tưởng tượng của bạn. Nhưng vấn đề là suốt một thời gian dài, có rất ít giấc mơ trở thành hiện thực. Các mạch được thiết kế trên giấy không phải lúc nào cũng hoạt động đúng như dự đoán khi được đưa vào bên trong tế bào sống. Theo thiết kế ban đầu sản phẩm kỹ thuật số đầu ra thường gặp rất nhiều vấn đề với nhiễu trong hệ thống. Sản phẩm đầu ra, cho dù là cảm biến hóa học, thuốc hoặc nhiên liệu, tất cả đều bị làm cho chậm lại. Các thiết bị bảo vệ phi hành gia của NASA sẽ phải mất vài chục năm nữa mới có thể sử dụng được, trong khi những nỗ lực cung cấp biodiesel sạch của Amyris là gần như không đáng kể và họ chẳng thể đạt được số lượng khả thi cho sản xuất thương mại; artemisinin thì đã bắt đầu được tung ra thị trường với quy mô lớn trong vài năm nay nhưng chưa có thành tựu gì. Artemisinin chợ đen vốn dĩ vẫn luôn ở đó, và phản ứng kháng thuốc đã bắt đầu xuất hiện khi bệnh nhân dùng thuốc vô tội vạ mà không tuân theo hướng dẫn của Tổ chức Y tế Thế giới, rằng nó chỉ nên được sử dụng như một phần của liệu pháp kết hợp.

Dẫu vậy, những hứa hẹn của sinh học tổng hợp là hoàn toàn có cơ sở. Khi ngành khoa học này nổi lên trong thập niên đầu tiên của thế kỷ 21, cảm giác phấn khích là rất thật, có cả một giai đoạn người ta liên tục nói về nó. Nhưng giống như nhiều công nghệ mới nổi, nó không hoàn toàn đáp ứng được kỳ vọng. Tôi tin rằng thời kỳ gây sốt đã qua và ta đang bước vào một kỷ nguyên phát triển thực tiễn và ổn định hơn, nơi mà chúng ta sẽ sớm thấy những sản phẩm sinh học tổng hợp có thể giải quyết hiệu quả các vấn đề thật của thế giới. ADN đã được thiết kế lại dưới dạng phần mềm – hoặc đúng hơn là phần ướt[1]. Bên cạnh việc lập trình ADN, các kỹ sư phần ướt hiện đang xem xét bản sửa lỗi cho các sản phẩm sắp ra mắt. Cà vạt Bolt Threads phần nào là một mánh lới quảng cáo, là đoạn giới thiệu mở đầu cho một công nghệ sẽ thay đổi sâu sắc cách con người chế tạo mọi thứ. Trong khoa học, các cuộc cách mạng có xu hướng diễn ra chậm rãi từ tốn. Trong hàng chục ngàn năm, chúng ta đã nuôi trồng, thu hoạch và tinh chỉnh các vật liệu mà từ đó chúng ta xây dựng thế giới của mình. Chẳng mấy chốc, những thứ tương tự như vậy sẽ được trồng bên trong các tế bào sống với mạch di truyền do chúng ta lập trình – bản nhạc phối lại từ tự nhiên.

1. Wetware (phần ướt) là thuật ngữ dùng để chỉ não bộ, hoặc các quá trình suy nghĩ của con người, trong so sánh tương tự với Software (phần mềm) của máy tính.

7
Siêu nhân học

Mark Walker

Các nhà siêu nhân học tin rằng chúng ta nên sử dụng các công nghệ tiên tiến, chẳng hạn như dược lý học, kỹ thuật di truyền, điều khiển học (cybernetics) và công nghệ nano, để nâng cấp căn bản con người. Nói cách khác, chúng ta nên cố gắng tạo ra những dạng người mới – đôi khi được gọi là 'hậu con người' (posthuman) – được cải thiện đáng kể so với chúng ta. Hãy tưởng tượng một thế giới tương lai với một loài hậu duệ mới hạnh phúc hơn, đạo đức hơn, thông minh hơn và sống cuộc đời kéo dài hàng thế kỷ chứ không phải vài chục năm như chúng ta: đó là tương lai mà các nhà siêu nhân học hình dung và nghiên cứu hướng đến.

Cải thiện căn bản hạnh phúc

Chúng ta biết rằng hạnh phúc rất quan trọng. Ta đều hiểu rõ lý do tại sao người khác lại từ bỏ danh tiếng, quyền lực, tiền bạc nếu họ nghĩ rằng điều đó sẽ khiến họ bớt hạnh phúc, và tại sao các bậc làm cha mẹ thường nói rằng họ chỉ mong muốn con cái mình được hạnh phúc.

Bởi vì siêu nhân học là dành tất cả để thiết lập một cuộc sống tốt đẹp hơn, nên chẳng có gì ngạc nhiên khi những nhà siêu nhân học chủ trương sử dụng khoa học và công nghệ để cải thiện hạnh phúc một cách căn bản.

Giờ đây chúng ta đã biết rằng thành phần gen hạnh phúc (được định nghĩa là những cảm xúc tích cực và hài lòng với cuộc sống của một người) cũng quan trọng hệt như thành phần gen kiểm soát chiều cao của chúng ta. Tất nhiên, ta cũng cần phải cẩn thận khi diễn giải ý tưởng về thành phần gen của hạnh phúc này: các gen không phải là số mệnh và hầu hết các đặc điểm của con người được định hình qua sự kết hợp của các yếu tố di truyền và môi trường. Dẫu là thế, tất cả chúng ta đều biết những người hạnh phúc hơn hầu hết mọi người. Đó là những người dường như lúc nào cũng tràn đầy năng lượng, hồi phục nhanh hơn sau những lần vấp ngã,... đại loại là vậy. Những 'đại gia hạnh phúc' này là chủ sở hữu của 'các gen hạnh phúc' – các trình tự di truyền có liên hệ với hạnh phúc, đã được các nhà khoa học xác định và định vị. Khi khoa học sinh học phát triển hơn, việc tạo ra các thế hệ con cháu hạnh phúc hơn con người bình thường ngày nay là khả dĩ, bằng cách sử dụng kỹ thuật di truyền. Thật vậy, chúng ta đã sở hữu công nghệ để bước đầu làm cho những hậu duệ của mình hạnh phúc hơn. Chẳng hạn, 'thụ tinh ống nghiệm' thường liên quan đến các xét nghiệm di truyền trước khi cấy phôi thai được tạo ra trong phòng thí nghiệm vào tử cung của người mẹ. Kỹ thuật viên thường kiểm tra các dấu

hiệu của gen bệnh, và đôi khi là cả giới tính của đứa bé, nhưng về nguyên tắc thì cũng có thể kiểm tra – và lựa chọn – dấu hiệu di truyền thiên về hạnh phúc ở phôi thai.

Nhưng chúng ta không cần phải đợi kỹ thuật di truyền và chọn lọc di truyền phát triển để biến 'đại gia hạnh phúc' thành chuyện bình thường. Việc cải thiện căn bản hạnh phúc có thể được thực hiện ngay cả với các gen chưa biến đổi. Đề xuất 'thuốc viên hạnh phúc' của chính tôi tìm cách đưa hoạt chất dược lý làm tăng cường hạnh phúc dưới dạng viên nén vào cơ thể để giúp đỡ những ai không trúng xổ số di truyền hạnh phúc (và đó là phần lớn chúng ta). Khác với các dòng thuốc dược lý hiện tại như Valium và thuốc lắc, những viên thuốc như vậy đem lại trải nghiệm hạnh phúc tự nhiên mà không gây ra bất kỳ hiệu ứng có hại nào cho các cơ quan nhận thức của chúng ta. Nếu chúng ta tập trung các nỗ lực xã hội cho đề án viên thuốc hạnh phúc này, nhiều khả năng chúng ta sẽ chế tạo thành công chỉ trong khoảng mười năm. Một dự án kiểu này sẽ tiêu tốn khoảng 1 tỉ USD mỗi năm, trong vòng mười năm. Thật ra đây là một khoản tiền nhỏ so với quy mô của nền kinh tế toàn cầu nhưng phần thưởng đạt được là rất lớn. Tất cả chúng ta đều có thể tận hưởng thứ năng lượng hạnh phúc mà chỉ số ít những người hạnh phúc nhất hiện nay mới được tận hưởng. Và có những tác dụng phụ không tưởng trong việc giúp con người hạnh phúc hơn. Con người càng hạnh phúc thì càng cởi mở, họ trở thành những người

bạn tốt hơn, đạt được điểm số cao hơn, có cuộc sống hôn nhân tuyệt hơn, được sếp và đồng nghiệp đánh giá cao hơn,...

Cải thiện căn bản đạo đức

Đã có những nỗ lực to lớn được thực hiện để giúp con người trở nên đạo đức hơn. Thời thơ ấu của mỗi chúng ta được đánh dấu bằng rất nhiều những bài học về việc không đánh nhau, không nói dối, chơi đùa vui vẻ và chia sẻ với người khác, chúng ta cũng tìm cách giáo dục đạo đức cho người lớn, chẳng hạn qua các chương trình giáo dục cộng đồng về các tệ nạn phân biệt chủng tộc, hay việc các ngôi sao nhạc rock hướng sự chú ý tới hoàn cảnh của những người kém may mắn hơn.

Vài nhà siêu nhân học đề xuất, dưới các nghiên cứu về 'gen đạo đức' và 'tăng cường đạo đức,' rằng những nỗ lực xây dựng một môi trường giúp con người thêm đạo đức cũng cần được cân bằng về mặt sinh học. Đề xuất này dựa trên hai ý tưởng cơ bản rằng: các đặc điểm hành vi và tính cách của con người có một phần nguồn gốc di truyền, và đạo đức có liên quan đến các đặc điểm hành vi và tính cách.

Tất cả các đặc điểm hành vi hoặc tính cách đã từng được nghiên cứu đều chứa đựng một số thành phần di truyền, và chúng ta có thể tự tin dự đoán rằng hành vi đạo đức cũng có tính di truyền. Thực tế, sẽ rất kinh ngạc nếu sự thật không phải vậy! Chúng ta thậm chí có thể quan sát những hành vi đạo đức ở các loài khác; một con

chuột mẹ sẽ luôn chăm sóc cho con cái của mình, còn loài vượn thì đôi khi sẽ chia sẻ thức ăn theo cách mà ta chỉ có thể mô tả là công bằng.

Đề xuất gen đạo đức nhằm mục đích cung cấp cho hậu duệ của chúng ta thêm những nền tảng sinh học có lợi để phát triển các đức tính tốt và giảm bớt các thành phần sinh học có thể dẫn tới tính xấu. Cũng giống như gen hạnh phúc, những thay đổi sinh học này có thể là kết quả có thể hình dung được từ kỹ thuật di truyền, chọn lọc phôi hoặc dược lý tiên tiến. Tuy nhiên, cảnh báo về định mệnh di truyền cũng được áp dụng trong trường hợp này: ngay cả khi con cháu chúng ta được tạo ra với các gen tương quan với đạo đức thì cũng chẳng gì đảm bảo rằng chúng sẽ thực sự đạo đức hơn cả. Các quá trình biến đổi gen chỉ làm tăng *xác suất* rằng con cháu ta sẽ hành động có đạo đức hơn. Một lần nữa, gen không phải là số mệnh.

Kéo dài căn bản tuổi thọ

Niềm mong muốn kéo dài tuổi thọ có lẽ cũng có 'tuổi thọ' chẳng kém gì lịch sử loài người, nhưng chúng ta chưa đạt được nhiều tiến bộ với mục tiêu này. Vào thời điểm tôi đặt bút viết bài này, một phụ nữ người Pháp, bà Jeanne Calment, vẫn giữ kỷ lục là người sống thọ nhất: 122 năm (1875–1997). Y học vẫn chưa thể làm được gì nhiều để *tối đa hóa* tuổi thọ, vì bằng chứng rõ ràng cho thấy rằng, xuyên suốt lịch sử, chỉ có rất ít người sống thọ hơn 100 tuổi. Tuy nhiên, y học đã đóng góp rất nhiều

trong việc gia tăng tuổi thọ *trung bình* của con người, chủ yếu bằng cách giảm tỉ lệ tử vong ở trẻ sơ sinh.

Kéo dài căn bản tuổi thọ là ý tưởng sử dụng khoa học và công nghệ để vượt qua bức tường sinh học 100 năm, nhằm cho phép con người, hoặc 'hậu con người', sống được hàng trăm, thậm chí phải hàng ngàn năm. Một cách để hiện thực hóa ý tưởng này là sử dụng cùng một chiến lược mà ông lão hàng xóm nhà tôi vẫn áp dụng cho chiếc xe tải cũ của mình: chỉ cần thay thế các bộ phận đã hư mòn. Nhờ đó, trong khi một chiếc xe trung bình có tuổi thọ vào khoảng tám năm, hàng xóm của tôi có một chiếc xe tải gấp năm lần số tuổi đó mà vẫn chạy tốt. Về lý thuyết, cơ thể con người có thể tồn tại vô thời hạn, miễn là chúng ta sửa chữa và thay thế mọi tế bào và cơ quan lão hóa, có thể bằng cách sử dụng công nghệ tế bào gốc tiên tiến. Sử dụng các tế bào gốc của chính bệnh nhân, các nhà khoa học đã chứng minh rằng tế bào gốc có thể phát triển thành các cơ quan mới, như bàng quang, khi được nuôi cấy trong phòng thí nghiệm. Ý tưởng ở đây đơn giản là 'cắt dán', ví dụ, cắt bỏ bàng quang cũ và thay thế bằng bàng quang mới được nuôi trong phòng thí nghiệm. Dù có thể không cần thiết khi nói điều này; nhưng trong các thử nghiệm lâm sàng, tế bào gốc đã được sử dụng để thay thế các bó cơ bị thương tổn sau cơn đau tim.

Phần khó khăn trong việc đảo ngược quá trình lão hóa và đảo ngược cái chết là có rất nhiều nguyên nhân liên quan. Quỹ SENS, một tổ chức phi lợi nhuận nhằm

mục đích tăng tuổi thọ con người, đã xác định được 7 nguyên nhân gây lão hóa (teo mô, tế bào ung thư, đột biến ty thể, tế bào chết, gia cố ma trận ngoại bào, các khối u ngoài tế bào và khối u trong tế bào). Mỗi nguyên nhân lại yêu cầu một giải pháp y sinh hoặc kỹ thuật riêng. Mặc dù vậy, sự thật là chúng ta vẫn đang tiến bộ; những kỹ thuật đáng chú ý trong việc kéo dài tuổi thọ cho động vật cho thấy rằng khoa học và công nghệ sẽ cho phép kéo dài tuổi thọ của chính chúng ta. Gần đây, các nhà khoa học đã có thể kéo dài tuổi thọ của chuột thêm 25% chỉ đơn giản bằng cách phát triển một 'công tắc khai tử' tế bào để loại bỏ các lớp tế bào cũ (cụ thể là các tế bào già yếu). Những con chuột này không chỉ sống lâu hơn, chúng còn khỏe mạnh hơn, và ít mắc các bệnh liên quan đến tuổi tác hơn.

Nhưng không có công nghệ nào từng được mô tả sẽ giúp ích được trong trường hợp chấn thương nghiêm trọng; tất cả tế bào gốc trên thế giới cũng chẳng cứu được nếu một cây đàn piano từ tầng ba rơi trúng đầu bạn. Nhưng các nhà siêu nhân học đã hình dung được những công nghệ dự phòng cho các trường hợp này, và nhờ có tương lai học – chúng có thể trở thành hiện thực ngay trong thế kỷ 21. Ý tưởng là tạo ra một bản sao lưu: bộ não của bạn sẽ được quét và ghi lại toàn bộ dữ liệu và sau đó tái tạo lại một bộ não mới từ dữ liệu đó. Hãy hình dung một đội quân nanobots – các rô-bốt có kích thước phân tử – sao lưu cấu trúc phân tử của bộ não của bạn. Trong trường hợp chấn thương nghiêm trọng, các

nanobots này có thể được kích hoạt để sửa chữa bộ não đã bị nghiền nát bởi một cây đàn piano, hoặc để tạo ra một bộ não hoàn toàn mới dựa trên thông tin đã sao lưu.

Một khả năng khác là tải các thông tin não bộ vào một nền tảng máy tính. Đại loại là di chuyển tâm trí của bạn từ 'phần ướt' (não bộ) sang phần cứng máy tính. Nhưng điều đó đặt ra một số câu hỏi siêu hình hóc búa về việc liệu kẻ sống sót sau cùng có thực sự là 'bạn' hay chỉ đơn giản là một bản sao của bạn. Các nhà siêu nhân học (và cả các nhà triết học) đang bị chia rẽ sâu sắc vì câu hỏi này. Tôi ủng hộ những người nói rằng chúng ta *có thể* sống sót như vậy. Cá nhân tôi cho rằng mỗi người có thể có nhiều phiên bản: nếu bạn sống sót qua việc chuyển đổi từ nền tảng sinh học sang nền tảng máy tính, vậy thì chẳng có lý gì cản lại việc tải 'bạn' lên nhiều máy tính. Bằng cách này, chúng ta có thể đạt được sự bất tử, hoặc chí ít là một cái gì đó rất gần với nó.

Cải thiện căn bản trí tuệ

Người ta vẫn luôn nói về mối tương quan giữa kích thước não và trí thông minh. (Thực tế thì đối với nhiều loài, còn phải tính đến cả trọng lượng cơ thể, nhưng chúng ta sẽ tạm bỏ qua điều này). Não người có kích thước gần gấp ba lần não tinh tinh, mặc dù hai loài rất giống nhau về mặt di truyền – khoảng 96 tới 98% bộ gen của chúng ta trùng lặp với tinh tinh. Bộ gen của con người được tạo thành từ khoảng 20.000 gen, điều này có nghĩa là có ít hơn 1.000 gen đã giúp chúng ta khác biệt

với người anh em họ của mình, mà có lẽ chỉ chừng 400 gen. Sử dụng các công nghệ di truyền hiện có, chúng ta có thể tạo ra một loài hậu con người. Hãy gọi loài này là '*Homo bigheadus*[1]' với thể tích não gấp hai hoặc ba lần so với con người ngày nay. Xét về mặt công nghệ, điều này thực sự khá đơn giản. Có những gen đặc biệt (gen homeobox) kiểm soát kích thước của các bộ phận khác nhau trong cơ thể. Bằng cách gia tăng biểu hiện của các gen quyết định kích thước não trong quá trình phát triển hợp tử, về nguyên tắc, chúng ta có thể tạo ra các cá thể với bộ não lớn hơn nhiều. Sử dụng những kết hợp khác nhau của các gen homeobox này, chúng ta còn có thể tăng sự phát triển của một số phần cụ thể trong não. Chẳng hạn phần vỏ não mới (neocortex) có liên quan đến các chức năng nhận thức cao hơn, vậy nên nếu mục tiêu của chúng ta là tăng trí thông minh, lẽ dĩ nhiên là nên tăng kích thước phần não này bằng cách điều khiển các gen homeobox kiểm soát sự phát triển của nó.

Nhưng *có thể* làm điều này không có nghĩa là chúng ta *nên* làm nó. Ta không biết liệu những thí nghiệm như vậy có thành công trong việc tạo ra trí thông minh cho 'hậu con người' – những cá thể rồi sẽ so sánh trí thông minh của chúng ta như cái cách mà chúng ta so sánh mình với loài vượn. Nhưng cũng không có lý gì để cho rằng những thí nghiệm như vậy sẽ thất bại. Đây là lý do tại sao người ta tiến hành thử nghiệm trong khoa học:

1. Chơi chữ - Bigheadus nghĩa là bọn đầu to.

để tìm ra câu trả lời. Nhưng ngày nay, khi chúng ta sử dụng các công nghệ di truyền trên thực vật, hầu hết các thí nghiệm đều thất bại nặng nề. Và ném một loạt cây thí nghiệm hỏng vào thùng phân trộn là một chuyện, nhưng bạn không thể làm vậy với phôi người hay trẻ sơ sinh. Dẫu vậy, con người đã sở hữu khoa học và công nghệ: Đây là một chuỗi thử nghiệm mà qua đó chúng ta có thể bắt đầu tạo ra *Homo bigheadus* ngay từ hôm nay. May mắn thay, rất ít nhà khoa học chấp nhận gạt đạo đức nghề nghiệp sang một bên để làm vậy. Các nghiên cứu gây tranh cãi kiểu này sẽ cần phải được toàn thể xã hội thảo luận và đánh giá cẩn trọng để tránh rơi vào bẫy so sánh với những ý thức hệ lạc hậu như phong trào ưu sinh.

Còn những phương tiện khác, ít gây tranh cãi hơn để nâng cao trí thông minh. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng khoảng một phần ba số sinh viên đại học sử dụng sản phẩm dược lý – các loại thuốc thông minh như modafinil hoặc adderall – để tăng hiệu suất học tập. Cũng đã có một số thử nghiệm ban đầu trong việc cơ khí hóa trí tuệ con người (cyborg) bằng cách tạo ra các giao diện não-máy tính. Người lớn cũng có thể gia tăng hiệu suất của não bộ chỉ đơn giản bằng cách tạo ra một số lượng lớn các tế bào não mới nhờ sử dụng kỹ thuật tái tạo. (Não bộ ở người trưởng thành có xu hướng chỉ tạo ra một số lượng tế bào mới tương đối nhỏ.) Chúng ta biết từ những thí nghiệm trên bệnh nhân Alzheimer rằng mô thần kinh ở thai nhi có thể tích hợp với mô thần kinh ở người lớn và hoạt động bình thường. Kỹ thuật này hứa

hẹn một cách thức đầy tiềm năng khác có khả năng tạo ra *Homo bigheadus*. Chúng ta có thể tiếp tục bổ sung thêm các tế bào não mới (cùng với việc tăng kích thước hộp sọ) của đối tượng thí nghiệm để xem việc nâng cao trí thông minh có khả dĩ hay không.

Cơ sở của siêu nhân học

Khi nhắc đến các cơ sở của thuyết siêu nhân, chúng ta đang tìm cách trả lời câu hỏi liệu siêu nhân có phải là một kết quả mong muốn về mặt đạo đức, hơn là câu hỏi về tính khả thi của siêu nhân. Chương này xem xét một khẳng định đạo đức của tương lai: tương lai *nên* diễn ra cách nào, không phải là *sẽ* diễn ra cách nào.

Trong khi thuyết siêu nhân tuyên bố rằng sự cải thiện căn bản (radical enhancement) là một mục tiêu xứng đáng về mặt đạo đức, điều này không có nghĩa là những nhà siêu nhân học tin rằng tất cả mọi người – đặc biệt là những người phản đối chủ nghĩa siêu nhân – nên được cải thiện căn bản. Để đơn giản, hãy nghĩ rằng nhận được bằng đại học là một mục tiêu xứng đáng nhưng nó không có nghĩa là tất cả mọi người nên bị ép đi học đại học. Điều này không chỉ là sự vi phạm quyền tự do cá nhân mà còn có khả năng phản tác dụng. Các nhà siêu nhân học tin rằng việc ép buộc một người trưởng thành làm điều gì đó là một sai lầm, ngay cả khi chúng ta nghĩ rằng điều đó rất tốt cho họ.

Việc chống thái độ 'gia trưởng' này của các nhà siêu nhân học là sự xác nhận ý tưởng về 'quyền tự do sinh

học'. Thật ra, tự do sinh học đã được chấp nhận ở một mức độ nào đó: chúng ta cho phép mọi người sửa đổi di truyền sinh học của mình với phẫu thuật laser cho mắt hay tất cả các loại phẫu thuật thẩm mỹ như bơm ngực. Đề xuất của những nhà siêu nhân học là việc cải thiện căn bản này (nên) được bao hàm trong quyền tự do sinh học – con người có quyền quyết định sẽ làm gì với cơ thể của mình. Thật vậy, có thể thấy rằng tự do sinh học liên quan mật thiết với tự do lương tâm vốn được nhiều quốc gia tự do hiện đại công nhận. Hạn chế nâng cao căn bản trí thông minh hay hạnh phúc là hạn chế lương tâm của chúng ta, là bó buộc chúng ta trong những trạng thái tinh thần kém hạnh phúc, hoặc trong khả năng tư duy hạn hẹp.

Những nhà siêu nhân học thường bị cuốn hút bởi một dòng lập luận 'đồng hành ngây thơ' (companions in innocence) dựa trên sự giống nhau giữa cải thiện sinh học và cải thiện văn hóa: hãy nhớ rằng những dạng hiệu quả của chữ viết chỉ mới được phát minh vài nghìn năm trước để cho phép con người lưu trữ thông tin bằng văn bản. Chữ viết nâng cao đáng kể năng lực trí tuệ của con người, cũng như khả năng truy hồi thông tin qua việc tạo ra không gian lưu trữ bổ sung bên ngoài não bộ. Chúng ta có xu hướng nghĩ rằng sự cải thiện văn hóa này là một điều rất tốt đẹp và, do đó, cũng nên có suy nghĩ tương tự về cải tiến sinh học.

Nhiều lập luận của các nhà siêu nhân học thường tập trung vào những mặt tích cực của một số mẫu cải

thiện cụ thể. Như đã nói ở trên, quyền hoặc nghĩa vụ cải thiện hạnh phúc có thể liên hệ với mong muốn hạnh phúc chung của tất cả mọi người. Quyền, hoặc nghĩa vụ, cải thiện đạo đức được kết nối với ý tưởng làm cho cuộc sống và thế giới của chúng ta trở nên tốt đẹp hơn. Mục đích của việc tăng trí thông minh kết nối mật thiết với mục tiêu khám phá sự thật về vũ trụ và vị trí của loài người trong vũ trụ. Cuối cùng, mục tiêu tăng tuổi thọ được kết nối với ý tưởng có cuộc sống phong phú và đủ đầy.

Tranh luận chống lại thuyết siêu nhân học

Cho đến cuối thập niên 1990, những quan điểm chống lại thuyết siêu nhân có khuynh hướng tập trung gần như hoàn toàn vào tính bất khả thi của thuyết này, hơn là sự đáng ao ước nó. Ý tưởng rằng công nghệ có thể được sử dụng để cải thiện căn bản con người đã bị chỉ trích (thường chỉ đơn giản là chế giễu) là khoa học viễn tưởng. Sau khi động vật có vú nhân bản vô tính đầu tiên ra đời vào năm 1996 – Cừu Dolly – dư luận bắt đầu đổi chiều. Các nhà phê bình thuyết siêu nhân học bắt đầu thừa nhận đầy ghen tị rằng một số đề xuất của thuyết này về mặt kỹ thuật là khả thi và chọn chuyển sang các câu hỏi về mong muốn và tính đúng đắn về mặt đạo đức.

Leon Kass, cựu chủ tịch của Hội đồng Tổng thống về Đạo đức Sinh học, đã cho rằng thuyết siêu nhân học là một kiểu tự hạ mình của những kẻ kiêu ngạo. Kass cho rằng những nỗ lực và hy sinh này gắn bó mật thiết với những ước muốn và mục tiêu sâu xa nhất của con

người. Với thuyết siêu nhân học, vấn đề nằm ở cách mà công nghệ, chứ không phải là nỗ lực của con người, giúp đạt được những mục tiêu này. Khi Ferdinand Magellan (gần như) đi vòng quanh thế giới vào năm 1521, đó được coi là một chiến thắng đáng ngưỡng mộ của tinh thần con người. Ngày nay, hải trình của Magellan có thể được rút ngắn lại bằng cách mua vé máy bay. Nhưng chuyến bay ấy khó có thể được mô tả như là một chiến thắng của tinh thần con người. Tuy nhiên, sức nặng trong lập luận của Kass còn phụ thuộc vào việc mức độ khả dĩ chúng ta thấy trong việc thừa nhận rằng mình thực sự sẽ không thể tìm ra những mục tiêu mới để thách thức bản thân nếu con người được cải thiện sinh học.

Francis Fukuyama lo ngại rằng những nhà siêu nhân học sẽ phá hủy cơ sở bình đẳng của đời sống chính trị hiện đại; chúng ta chia sẻ bản chất chung của loài người và bản chất chung này là nền tảng cho sự ổn định chính trị và tính chính danh. Fukuyama nổi tiếng với câu hỏi tu từ: 'Điều gì sẽ xảy ra với các quyền chính trị khi chúng ta có thể, thực sự, lai tạo một giống người với yên ngựa trên lưng, và một giống khác với giày chăn ngựa?' Xin đưa ra một câu trả lời, chỉ vì chúng ta có công nghệ để tạo ra những người phụ thuộc với 'yên ngựa trên lưng' không có nghĩa là chúng ta nên hoặc sẽ tạo ra những sinh vật như thế. Thực ra, lý do khiến chúng ta lo sợ kết quả này có vẻ là bởi vì ta biết rằng trong suốt lịch sử nhân loại, con người đã bóc lột và buộc những người khác làm nô lệ. Nhưng theo các nhà siêu nhân học, lý

thuyết của họ, với đề xuất nâng cao lòng đạo đức bằng biến đổi di truyền, sẽ đem đến hy vọng thoát khỏi xu hướng bóc lột đó, chứ không phải duy trì nó.

Ở một nơi khác, triết gia người New Zealand, Nicholas Agar, đã phê phán thuyết siêu nhân học rất phức tạp về mặt triết học. Giả sử các công nghệ tiên tiến đã được sử dụng để cải thiện khả năng nhận thức của chú chó Coco của tôi. Bộ não của Coco giờ đây có kích thước của một bộ não người và nó được cung cấp nền tảng thần kinh hỗ trợ các chức năng ngôn ngữ. Miệng, lưỡi và cổ họng của nó được điều chỉnh để có khả năng nói chuyện. Chân trước của nó cũng được sửa đổi: nó có ngón cái và các ngón khác nằm đối diện để dễ dàng tinh chỉnh khi lái xe. Kết quả là nó cũng sở hữu sự khéo léo cần thiết để đánh máy hay xâu kim, v.v. Khi Coco phát triển năng lực ngôn ngữ, nhận thức và hành vi mới này, nó bắt đầu theo học tại trường tiểu học địa phương, và chẳng mấy chốc thì đã lên trung học và đại học. Cuộc đời cũ của nó dường như trở nên vô nghĩa; nó không còn thấy ngây ngất khi nghĩ về việc đi bộ xung quanh khu nhà hay đánh hơi mấy cái cột đèn. Nó cũng chẳng còn thích lén ngủ trên giường khi không có người nào ở xung quanh, v.v. Nếu chúng ta suy nghĩ về 'sự cải thiện' này của Coco, thì dường như mô tả đúng hơn có lẽ là sự hủy diệt của Coco. Coco mới có rất ít điểm chung với Coco cũ về mối bận tâm, niềm tin và mong muốn; chúng ta đã thay đổi nó rất nhiều đến nỗi nó chẳng còn như xưa. Đơn giản thì lập luận của Agar là siêu nhân

học sẽ không cải thiện cuộc sống con người mà là làm con người biến mất. Lập luận chống lại chủ nghĩa siêu nhân này gợi nhớ đến đề xuất của Aristotle, rằng nếu anh mong muốn điều tốt đẹp nhất cho người bạn của mình, sẽ là sai lầm nếu ước họ trở thành một vị thần. Mong muốn kiểu này dẫn đến một sự thay đổi triệt để bản chất đến mức nó có nghĩa là 'sự kết thúc' cho người bạn của anh. Tương tự, Agar cho rằng thuyết siêu nhân học không trả lời những bận tâm và ham muốn của con người, nhưng là tạo ra những sinh vật với những bận tâm và ham muốn không phải của con người.

Rất nhiều lời chỉ trích thuyết siêu nhân tập trung vào từng khía cạnh cải thiện căn bản cụ thể. Ý tưởng cải thiện hạnh phúc đã bị chỉ trích là giống với *Thế Giới Mới Dũng Cảm* (Brave New World) của Huxley, nơi hạnh phúc đích thực đã biến mất. Cải thiện đạo đức thì bị chỉ trích rằng người được cải thiện sẽ mất quyền tự chủ hoặc tự do ý chí. Và người ta phản đối việc cải thiện trí tuệ vì lo ngại rằng việc đó có thể dẫn đến việc tạo ra 'các thiên tài xấu xa'. Những nhà siêu nhân học đã dùng lập luận về mặt tinh thần để phản bác lại tất cả các cáo buộc này. Một trong số đó là suy nghĩ của chúng ta về 'sự đồng hành ngây thơ.' Hiện tại vẫn có những cá thể chưa biến đổi gen, những người hạnh phúc hơn, đạo đức hơn và thông minh hơn so với mức trung bình một cách tự nhiên, nhờ trúng số di truyền. Các nhà siêu nhân học cho rằng chẳng ai nghĩ những người như trên không có hạnh phúc đích thực, thiếu ý chí tự do hoặc có khả năng

biến thành những thiên tài xấu xa. Vậy nên những người theo thuyết siêu nhân lập luận rằng thật sai lầm khi cho rằng việc biến đổi di truyền sẽ dẫn đến những hậu quả tệ hại như vậy. Để minh họa: hãy thử tưởng tượng bạn được gặp hai người đến từ tương lai, họ hạnh phúc hơn hầu hết những người khác nhờ khuynh hướng di truyền của mình. Một người có bộ gen đã được biến đổi, người còn lại đơn giản là trúng xổ số di truyền. Trừ phi được cho biết trước, bạn sẽ chẳng phân biệt được ai với ai, do đó nghe có vẻ thật tùy tiện (đối với các nhà siêu nhân học) khi nói rằng một trong những cá nhân này thiếu hạnh phúc đích thực, bởi họ từ chối tin rằng có một sự khác biệt quan trọng về mặt đạo đức giữa hạnh phúc tự nhiên và nhân tạo.

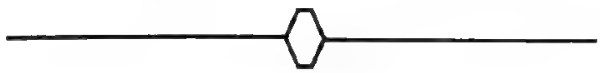
Những cân nhắc về văn hóa

Thuyết siêu nhân đặt ra những câu hỏi quan trọng và sâu sắc về tương lai của nhân loại. Thật vậy, tôi hy vọng độc giả nhận thấy rằng thuyết siêu nhân có đủ cơ sở trở thành câu hỏi lớn nhất của thế kỷ 21. Trong một chương sách thì chẳng thể thảo luận, hay thậm chí khái quát, tất cả các lĩnh vực có khả năng bị ảnh hưởng bởi thuyết siêu nhân, nhưng xin cho phép tôi kết thúc bằng cách bổ sung thêm một vài cân nhắc. Một là mối quan hệ giữa siêu nhân và tôn giáo. Trong khi người ta có thể cho rằng các tôn giáo nhất thiết phải phản đối thuyết siêu nhân, Hiệp hội Siêu nhân Mormon, một trong những tổ chức siêu nhân học hoạt động lâu nhất và tích cực nhất, là

một trong số nhiều tổ chức thúc đẩy ý tưởng về sự tương thích sâu sắc giữa tôn giáo và siêu nhân. Một vấn đề khác được đưa ra ở đây là câu hỏi về việc tạo ra người nhân tạo, như các loại máy tính hoặc rô-bốt với trí tuệ con người. Và câu hỏi về mối quan hệ giữa thuyết siêu nhân và nghệ thuật thì vẫn chưa được đặt ra. Mối quan hệ giữa thuyết siêu nhân và chính trị chỉ được đề cập thoáng qua trong chương này, nhưng các ứng cử viên ủng hộ thuyết siêu nhân có thể đã tham gia tranh cử ở nhiều quốc gia.

Cuối cùng, và có lẽ là quan trọng nhất, chúng ta chưa đề cập đến tiềm năng rủi ro thảm khốc xảy ra trên toàn cầu. Các nhà siêu nhân học cũng quan tâm đến việc tránh những kết quả xấu khi thúc đẩy việc sử dụng các công nghệ tiên tiến vì mục đích tốt, nhưng sự thật là nhiều công nghệ liên quan đến siêu nhân học có thể dễ dàng được sử dụng vào mục đích xấu.

TƯƠNG LAI CỦA MẠNG MÁY TÍNH



AI, Điện toán Lượng tử và Mạng Internet

8

Điện toán Đám mây và "Internet Vạn Vật"

Naomi Climer

Điện toán Đám mây và cái gọi là 'Internet Vạn Vật' (Internet of Things, hay gọi tắt IoT) đã tạo nên một màn kết hợp mạnh mẽ và nhiều khả năng sẽ định hình cuộc sống của chúng ta trong tương lai. Đơn giản thì, Điện toán Đám mây cho phép tiếp cận nguồn tài nguyên được chia sẻ chung, bao gồm lưu trữ, xử lý dữ liệu cũng như ứng dụng và dịch vụ. Ý tưởng ở đây là bạn không nhất thiết phải có tất cả các tính năng này trên thiết bị của riêng mình, nếu bạn có thể truy cập chúng cách an toàn từ một nơi khác. Thật vậy, nếu có thể truy cập thông tin bất cứ khi nào cần, bạn sẽ có thể sử dụng nguồn tài nguyên phong phú hơn rất nhiều so với những gì bạn có thể có được. Khi tải mọi thứ lên Đám mây, bạn cũng sẽ sở hữu tính di động. Bạn có thể nhận Gmail ở Paris hoặc Cairo, bạn có thể làm việc ở Chicago hay Tokyo mà vẫn kết nối với văn phòng Tổng Hành dinh, và xem Netflix những khi máy hỏng. Điều này đã tạo điều kiện cho sự linh hoạt trong công việc, giải trí và lối sống cá nhân.

Điện toán Đám mây cũng giúp cho việc hợp tác trở nên dễ dàng hơn. Nếu có thể tiếp cận dữ liệu và ứng dụng từ xa, các thành viên có thể cùng nhau làm việc trong một dự án mà không nhất thiết phải ngồi cạnh nhau. Điều này là cực kỳ quan trọng trong các ngành công nghiệp mà những công nhân tại công trường có thể nhanh chóng nhận sự hỗ trợ từ xa của các chuyên gia. Trong ngành công nghiệp sáng tạo, các đài truyền hình xưa kia từng phải gửi cả đoàn phóng viên đến để ghi hình Thế vận hội, nay chỉ phải gửi một nhóm nhỏ và phần lớn công việc sẽ được thực hiện ở văn phòng chính. Không chỉ đơn thuần là đưa tất cả mọi người lên Internet – quá trình này còn đòi hỏi các công cụ cộng tác để giúp mọi người làm việc chung trong môi trường ảo. (Nếu đã từng cố gắng tổ chức một cuộc thảo luận qua điện thoại với 10 người, bạn sẽ biết là rất khó để quản lý lượt nói của từng người. Thế nhưng, chỉ với một số công cụ cộng tác trực tuyến đơn giản, chẳng hạn như cho bạn khả năng giơ tay, trải nghiệm này sẽ tốt hơn rất nhiều.) Chất lượng và tính sáng tạo của các công cụ cộng tác ảo sẽ là động lực chính cho việc sử dụng Điện toán Đám mây trong tương lai. Nhưng đó còn là một dấu hiệu cho thấy, trong tương lai, tất cả chúng ta sẽ ngày càng được kết nối, và Điện toán Đám mây chính là trung tâm.

Nếu Internet là mạng kết nối cả hành tinh – thứ cho phép mọi người thu thập và trao đổi dữ liệu – thì IoT là thứ cho phép *vạn vật* (các vật thể như xe hơi đến máy điều nhiệt hay tủ lạnh, v.v) hoạt động tương tự như

vậy. Trong năm 2016, trang Internet-WorldStats.com ước tính có khoảng 3,7 tỉ người hoạt động trên mạng Internet. Nhưng trên Internet không chỉ có con người, người ta ước tính rằng sẽ có khoảng 50 tỉ *vật* trên Internet vào năm 2021. Hiện tại, chúng ta đang sử dụng các thiết bị thông minh (IoT) để luyện tập thể lực/chăm sóc sức khỏe, giám sát những bệnh nhân dễ bị tổn thương và liên tục theo dõi tình trạng sức khỏe của chính mình, như nhịp tim hoặc đường huyết. Đây mới chỉ là những ngày đầu, nhưng đã có khá nhiều tranh luận về quyền riêng tư, an ninh, tác động xã hội và hiệu quả của các giải pháp này, nhưng có vẻ như chúng đã tạo ra một nguồn lực không thể ngăn cản.

Trong khi đó, mặc dù ít thấy nhưng nhiều ngành công nghiệp đang bắt đầu thử nghiệm tại các vùng biển, và nhiều khả năng những lợi ích kinh tế to lớn sẽ góp phần giải quyết những thách thức quan trọng, khắp toàn cầu và ở từng quốc gia. Ví dụ, các trang trại gió có thể sử dụng thông tin từ các cảm biến để liên tục điều chỉnh cánh quạt nhằm tận dụng tối đa sức gió, tương tự như khi chỉnh hướng các cánh buồm để đẩy thuyền đi với tốc độ nhanh hơn – thao tác có thể tăng sản lượng năng lượng thêm tận 25%. Các nhà máy đang bắt đầu kết nối dữ liệu của riêng mình với các nhà cung cấp của họ để nguyên liệu có thể được tự động đặt hàng đúng hạn cho việc sản xuất. Các cảm biến đặt xung quanh dây chuyền sản xuất cũng có thể giúp dự đoán các sự cố trước khi chúng xảy ra và hoãn lịch bảo trì nếu máy móc vẫn hoạt

động tốt, từ đó đảm bảo nguồn lực kỹ thuật chỉ được sử dụng ở nơi thực sự cần thiết. Các tập đoàn sản xuất đa quốc gia như Bosch hay Airbus có thể chia sẻ dữ liệu giữa các nhà máy để đảm bảo rằng các vấn đề và giải pháp sẽ được cập nhật trên toàn cầu, bằng cách sử dụng chuyên gia đến từ bất kỳ nơi nào.

Một đặc điểm khác là IoT cho phép tập hợp dữ liệu trên quy mô lớn phi thường. Những cảm biến siêu rẻ, tiêu thụ ít năng lượng, có thể được gắn vào mọi vật để thu thập dữ liệu thời gian thực về từng cá nhân, môi trường hay các hệ thống cụ thể, cho phép chúng ta liên tục kiểm tra từ xa khả năng rò rỉ đường ống nước, hoặc thu thập dữ liệu cộng đồng từ điện thoại di động nhằm theo dõi ổ dịch cúm.

Thật ra một trong những thách thức của IoT là làm thế nào để biến một lượng lớn dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau trở thành thông tin có ý nghĩa. Thuật ngữ thông dụng để mô tả việc này là DIKW: Dữ liệu (Data) – Thông tin (Information) – Kiến thức (Knowledge) – Sự khôn ngoan (Wisdom). Dữ liệu có thể là một chuỗi số. Thông tin trong dữ liệu đó có thể cho bạn biết rằng sản phẩm số 32 có hạn sử dụng[1] là một ngày nào đó. Kiến thức bạn có thể thu thập từ thông tin là sản phẩm số 32 là sữa và ngày hết hạn là ngày hôm qua. Kết luận khôn

---

1. Nguyên văn Sell-by date, hạn bán đến ngày, là hạn sử dụng dùng cho những nhà phân phối. Nó không hẳn là ngày hết hạn, bởi vì bạn vẫn có thể sử dụng được đồ ăn sau ngày sell-by, nhưng chất lượng không còn được như trước nữa. Ở đây đơn giản dịch là ngày hết hạn.

ngoan ở đây là đã đến lúc mua thêm sữa rồi! Một ví dụ rất bình thường, nhưng với dữ liệu rộng lớn và khác biệt, rút ra kết luận khôn ngoan từ biển thông tin là cả một thử thách thực sự. Có một loạt các nghề nghiệp mới xuất hiện xoay quanh khoa học dữ liệu khi chúng ta tìm kiếm những người tài năng để giúp tìm ra cách biến loại dữ liệu không giới hạn thành hiểu biết hữu ích. Câu hỏi đúng khi nói về dữ liệu là gì? Các hình mẫu quan trọng là gì?

Một giả định về tương lai là chỉ vài chục năm nữa, phần lớn dân số thế giới sẽ sống ở các thành phố và rõ ràng là lượng dân cư đông đúc này sẽ đặt ra những thách thức xã hội liên quan đến năng lượng, giáo dục, y tế và giao thông, bên cạnh nhiều lĩnh vực khác. Nhiều thử nghiệm đã bắt đầu với các 'thành phố thông minh' – xây dựng đô thị kết hợp với nhiều hệ thống trực tuyến như bệnh viện, trường học và giao thông – để vượt qua các thách thức và phát triển những ứng dụng sẽ cải thiện chất lượng cuộc sống. Đã có rất nhiều ví dụ về thử nghiệm thành phố thông minh trên khắp nước Anh (ở Glasgow, London, Bristol và Peterborough) và trên toàn thế giới. Các thử nghiệm này xử lý hàng loạt vấn đề, từ đèn hiệu dành cho người khiếm thị khắp San Francisco và ga Euston ở London, cho đến các cảm biến lắp trong 'thùng rác thông minh' để phân loại rác thải nhanh hơn. Hiện nay có rất nhiều loại thùng rác thông minh trên thị trường, chẳng hạn như Bigbelly (Mỹ), Enevo (Phần Lan), Ecube Labs (Hàn Quốc), cùng với các thùng rác

được kiểm tra liên tục ở hàng ngàn địa điểm trên toàn thế giới. Các hệ thống thùng rác này không những biết được khi nào thùng đầy, chúng cũng sẽ dự đoán khi nào thùng sẽ đầy và đề xuất các tuyến đường thu gom hiệu quả. Công nghệ hoạt động khá hiệu quả, nhưng phải mất thời gian để những người lái xe thu gom rác tin tưởng vào hệ thống mới và điều chỉnh thói quen làm việc của họ.

Câu chuyện này dẫn đến một sự thật cốt lõi về tương lai của IoT và công nghệ 'thông minh': chúng ta sẽ phải quen với việc có chúng trong cuộc sống của mình. Một trong những thế mạnh cơ bản của IoT là cách mà nó có thể dễ dàng kết nối những thứ chưa bao giờ được kết nối với nhau để tạo ra một thứ khác hoàn toàn mới – một thứ có thể có ảnh hưởng sâu sắc đến hiệu quả và chất lượng dịch vụ, từ giao thông vận tải đến chăm sóc sức khỏe và giáo dục, nếu chúng ta tìm được cách kết nối chúng thành công. Đây là một thách thức mang tính thực tiễn hơn là kỹ thuật – các ngành công nghiệp và cơ quan chính phủ chưa thực sự quen làm việc cùng nhau và cần đến một nỗ lực hợp tác bền vững để biến điều này thành hiện thực. Hiện tại có năm chính phủ (nhóm D5) đang hợp tác để phát triển nền kinh tế kỹ thuật số, được liên kết dựa trên nguyên tắc cởi mở. Đó là Estonia, Israel, New Zealand, Hàn Quốc và Anh. Họ là những quốc gia đề cao các tiêu chuẩn mở, hợp tác quốc tế và chính phủ mở, và đang cùng nhau đẩy mạnh các chương trình hợp tác này.

Chúng ta hiện đang khai thác Điện toán Đám mây và IoT qua thực tế ảo (virtual reality, VR) và thực tế ảo tăng cường (augmented reality, AR). Bạn có thể đã thấy chúng trong các trò chơi máy tính và các quảng cáo thương mại một dạo trước đây, nhưng bây giờ chúng còn lấn sân sang cả những lĩnh vực khác: các kiến trúc sư và đại lý bất động sản đang sử dụng VR để giúp mô hình hóa những công trình chưa được xây dựng; các công ty đóng tàu, máy bay và giàn khoan dầu có thể sử dụng công nghệ này để hình dung mọi thứ trước khi đổ một khoản đầu tư cực lớn; nhiều nhà máy đang sử dụng AR thay cho băng hướng dẫn để cung cấp cho các kỹ thuật viên hướng dẫn từng bước về những gì họ cần làm. Cả VR và AR vẫn còn tương đối mới, nhưng tiềm năng để chúng trở thành một phần hằng ngày của giáo dục, sức khỏe, công việc và giải trí là rất lớn.

Nhìn xa hơn những gì đang có, chúng ta có nhiều hướng để giải quyết một số thách thức lớn toàn cầu với Điện toán Đám mây và IoT.

Những tiến bộ về chăm sóc sức khỏe sẽ dùng thêm nhiều cảm biến hạnh phúc mà chúng ta vốn đang sử dụng. Nhiều khả năng chúng ta sẽ mang trên mình nhiều cảm biến hơn để theo dõi tình trạng thể chất và tinh thần, đồng thời khuyến khích chúng ta kiểm soát sức khỏe của chính mình hiệu quả hơn, cả ngày lẫn đêm. Các vận động viên thể thao đã sử dụng rộng rãi các công nghệ giám sát cơ thể để giúp họ đạt được trạng thái thể chất tốt nhất khi thi đấu. Các ngành nghề mà nhân viên

phải đối mặt với rất nhiều căng thẳng, chẳng hạn như dịch vụ tài chính, cũng đang thử nghiệm thiết bị giám sát nhân viên để giúp kiểm soát căng thẳng. Nhưng rồi một ngày nào đó, chúng ta có thể thấy một thế giới nơi tất cả chúng ta có thể liên tục theo dõi chính mình, thu nhận một luồng dữ liệu trực tiếp từ các thiết bị của chúng ta. Các cảm biến trên cơ thể chúng ta có thể nhắc tủ lạnh đặt hàng thêm nhiều trái cây và rau quả, nói với bộ cấp nhiệt trung tâm rằng chúng ta đang sốt và cần được giữ ấm, sau đó sẽ gọi bác sĩ nếu chúng ta sốt cao hơn. Các cảm biến của chúng ta thậm chí có thể lên lại lịch công việc ngày mai vì chúng nhận rằng ta sẽ không đủ khỏe để đi làm.

Khả năng chẩn đoán và chăm sóc từ xa của các nhà cung cấp dịch vụ chăm sóc sức khỏe sẽ được cải thiện, bao gồm cả việc hỗ trợ tại nhà cho người cao tuổi lâu hơn so với khả năng hiện nay. Các thiết bị đeo như bộ xương ngoài và chân tay giả có thể được hưởng lợi từ kết nối IoT vì nó sẽ bổ sung thêm các cơ chế điều khiển mới tùy thuộc vào khả năng thể chất. (Bạn có thể điều khiển toàn bộ cơ thể của mình chỉ từ máy tính bảng – tứ chi điện tử i-limb của Touch Bionics đã làm được điều này với bàn tay giả được điều khiển bằng một ứng dụng trên điện thoại thông minh.)

Việc phân tích lượng dữ liệu khổng lồ do IoT tạo ra để tìm các mẫu (pattern) mới có thể thay đổi cuộc sống của chúng ta. Chẳng hạn, Đại học Stanford đã chạy các thuật toán dữ liệu lớn trên các bệnh tật được nhóm lại

theo cách chúng thay đổi hoạt động của gen tương ứng với các loại thuốc điều trị. Họ kết luận rằng nhiều loại thuốc hiện tại có thể chữa trị hiệu quả các bệnh khác ngoài bệnh mà ban đầu chúng được phát triển để chữa trị. Nếu xét đến chi phí và thời gian liên quan đến thử nghiệm lâm sàng cho các loại thuốc mới, đây có thể là một bước tiến lớn, nhưng nó sẽ đòi hỏi dữ liệu từ các thử nghiệm lâm sàng phải luôn sẵn sàng để mọi người sử dụng. Các hiệp hội dược phẩm ở Mỹ và châu Âu hiện đã cam kết chia sẻ dữ liệu của họ. Trong tương lai, chúng ta có thể mong đợi những đột phá tương tự.

Chăm sóc sức khỏe cũng có thể được cá nhân hóa – khi hệ thống dữ liệu lớn về con người được khai thác là vì lợi ích của chúng ta, hệ thống của một bác sĩ nhiều khả năng sẽ phân tích mọi thứ họ được biết về chúng ta từ lối sống (tài khoản mạng xã hội, sơ yếu lý lịch, môn thể thao chúng ta chơi hay câu lạc bộ rượu vang mà chúng ta là thành viên), đến thông tin di truyền, phản ứng của chúng ta với các đợt điều trị trước đó, và cuối cùng là toàn bộ các nghiên cứu đã được biết đến trên toàn thế giới có liên quan đến căn bệnh. Tất nhiên, có những vấn đề đáng chú ý liên quan đến quyền riêng tư cần phải được cẩn trọng cân nhắc (tôi sẽ đề cập đến sau), nhưng tiềm năng của các thành tựu trong chăm sóc sức khỏe này là rất hấp dẫn.

Một trong những lợi ích mà Điện toán Đám mây và IoT có lẽ đã giúp phân bổ, dù chưa thực sự công bằng, là giáo dục phổ cập trên khắp hành tinh. Khi mô hình

thế giới của chúng ta thay đổi, các cơ hội để tìm hiểu những gì bạn cần biết và để sẵn sàng tham gia vào nền kinh tế mới bất kể bạn ở đâu trên thế giới, về lý thuyết, nghe thực sự tuyệt vời. Hạn chế lớn nhất ở đây là kết nối Internet cơ bản cho mọi người – đây là điều mà Liên Hiệp Quốc và Diễn đàn Kinh tế Thế giới đã nói đến, và một số gã khổng lồ công nghệ như Facebook, Microsoft và Google, cùng nhiều người nổi tiếng và các nhà từ thiện, đang tìm cách giải quyết.

Thế giới được kết nối toàn diện, thực tế ảo, hiệu quả cao, tập trung vào dữ liệu, và được cá nhân hóa mà Điện toán Đám mây và IoT mang lại có tiềm năng cải thiện chất lượng cuộc sống cho nhiều người hiện đang đấu tranh với bất lợi dưới nhiều hình thức. Nó có tiềm năng cắt giảm lượng điện tiêu thụ và thực phẩm lãng phí, nâng cao hiệu quả sản xuất, và chuyển thể việc chăm sóc sức khỏe sang dạng phù hợp hơn với nhu cầu cụ thể của chúng ta.

Tuy nhiên, vẫn còn rất nhiều thách thức đang chờ đợi phía trước, trước khi chúng ta có thể hoàn toàn đạt được giấc mơ này. Bộ tứ mà tôi đặc biệt muốn nhắc đến là an ninh, độ phủ sóng, năng lượng và xã hội.

Có nhiều vấn đề xoay quanh quyền riêng tư và bảo mật. Đối với các cá nhân, mối quan tâm chủ yếu nằm ở việc bảo mật dữ liệu. Để tận dụng tối đa IoT, bạn cần cho phép thiết bị của mình biết mọi thứ nó có thể biết về bạn. Bạn càng giữ lại nhiều thông tin, dịch vụ bạn nhận được càng không hoàn hảo. Trong chừng mực nào

đó, đây sẽ là vấn đề lựa chọn cá nhân, nhưng cần tới các biện pháp bảo vệ đáng chú ý cũng như sự cảnh giác liên tục từ chính cá nhân đó. Hiện đã có rất nhiều lo ngại rằng các tập đoàn công nghệ lớn như Apple, Facebook và Google, cũng như các chính phủ, có quyền truy cập vào quá nhiều dữ liệu cá nhân của chúng ta. Họ sử dụng dữ liệu này để cá nhân hóa và cải thiện dịch vụ của họ cho chúng ta, nhưng việc đó cũng làm dấy lên những mối lo rằng dữ liệu có thể bị lạm dụng. Có một ranh giới mong manh giữa việc cá nhân hóa dịch vụ và gián điệp! Dữ liệu sức khỏe của bạn có thể được sử dụng để làm tăng chi phí bảo hiểm; dữ liệu lối sống của bạn có thể được sử dụng để kiểm tra việc nộp thuế; và nếu không được bảo vệ đúng cách, dữ liệu cá nhân của bạn có thể trở thành đối tượng cho bọn đánh cắp nhận dạng. Các công ty công nghệ lớn đang ngày càng trở nên quyền lực là nhờ vào dữ liệu cá nhân họ thu thập và quyền truy cập trực tiếp vào thông tin của hàng tỉ người cùng thu nhập khổng lồ của họ. Quyền lực như thế này có thể là một động lực cho những điều tốt đẹp, nhưng cũng tiềm tàng khả năng thao túng và bóc lột. Nhiều chính phủ và các nhóm tiêu dùng trên toàn thế giới hiện đang phải vật lộn với vấn đề này.

Với các cá nhân, cũng như các công ty, có một rủi ro rằng bất kỳ thiết bị được kết nối nào cũng là cổng vào cho bọn tin tặc. Liệu một tay hacker có thể kiểm soát cả ngôi nhà chỉ bằng cách 'hack' cái ấm đun nước của bạn? Liệu một chính phủ có thể kiểm soát nhà máy điện của

một nước khác chỉ bằng cách xâm nhập một trong những thiết bị được kết nối? Câu trả lời cho cả hai câu hỏi này là có. Một trong những đợt tấn công mạng lớn đầu tiên là mã độc Stuxnet vào năm 2010, đây là một loại sâu máy tính được viết để nhắm cụ thể vào các trình điều khiển lô-gích có thể lập trình được trên các máy ly tâm thuộc chương trình hạt nhân của Iran. Vi-rút này khiến máy ly tâm tự hủy và được báo cáo là đã phá hoại gần một phần năm số máy ly tâm hạt nhân của Iran. Năm 2015, một cuộc tấn công mạng ở Ukraine đã gây mất điện tạm thời cho 80.000 người. Hai cuộc tấn công này cho thấy rằng, trong tương lai, con người có thể chứng kiến chiến tranh diễn ra trên Internet, và khi đó IoT cùng Điện toán Đám mây có thể trở thành vũ khí trong tay các chính phủ thù địch.

Cũng trong năm 2015, một nhóm tin tặc đã giành quyền kiểm soát một chiếc jeep đang chạy trên đường cao tốc khi xâm nhập thành công vào hệ thống thông tin giải trí trên xe. Sau vụ 'đột nhập nhân từ' này, ngành công nghiệp xe hơi đã tăng cường nỗ lực để bảo vệ những phương tiện có kết nối khỏi bị tấn công. Nguy cơ tấn công mạng nhắm vào các phương tiện giao thông hoặc nhà ở có kết nối, hay vào các cơ sở hạ tầng quốc gia như điện hoặc nước, cũng như vào các doanh nghiệp chủ chốt, là hoàn toàn có thật. Nhiều nhà bình luận cho rằng đây sẽ là một trong những cách thức tiến hành chiến tranh trong tương lai, vì vậy an ninh mạng chắc chắn sẽ tiếp tục là một chủ đề nóng thêm vài thập niên nữa.

Vấn đề khác ít kịch tính hơn là câu hỏi về mức độ phủ sóng. Kết nối Internet là một yêu cầu bắt buộc hiển nhiên của nhiều ứng dụng IoT, cho dù đó là kết nối băng thông rộng, mạng không dây hay mạng di động. Và mặc dù có thể dễ dàng đáp ứng yêu cầu này tại các vùng đô thị, thì ở những vùng sâu vùng xa nó vẫn chưa được đảm bảo. Các phương tiện tự động, phẫu thuật từ xa và công nghệ viễn thám (như thăm dò ống nước) đều yêu cầu quyền truy cập Internet, và kết quả là cần đến nỗ lực đáng kể trên toàn thế giới để thực hiện việc này. Thế hệ mạng di động tiêu chuẩn tiếp theo, 5G, có khả năng là một phần của giải pháp – với phạm vi phủ sóng toàn cầu và khả năng xử lý một lượng lớn thiết bị kết nối đồng thời đã được tích hợp vào đặc tả kỹ thuật của nó. Để đạt được khả năng phủ sóng toàn bộ và (nhận thức về) băng thông ổn định trong mọi lúc gần như chắc chắn đòi hỏi sự cộng tác toàn diện giữa các nhà cung cấp viễn thông, băng thông rộng, wifi và vệ tinh. Để có được kết quả tốt nhất từ tương lai kết nối, thì mọi cá nhân, cộng đồng, công ty và chính phủ sẽ cần phải hợp tác và kết nối nhiều hơn. Sản phẩm sẽ cần phải được thiết kế trên tinh thần kết nối, các dịch vụ như viễn thông sẽ cần phải xét đến nhu cầu vận tải, chăm sóc sức khỏe, giải trí, nông nghiệp,... khi thiết kế hiệu suất dịch vụ của họ, và ai cũng cần phải sẵn sàng chia sẻ dữ liệu để cung cấp cho mọi người thông tin tốt hơn.

Khi độ phủ sóng được cải thiện, luồng dữ liệu ngày một tăng sẽ yêu cầu mở rộng cơ sở hạ tầng để hỗ trợ nó.

Mức tiêu thụ dữ liệu được dự đoán sẽ tăng gấp mười lần vào năm 2020 theo CISCO, và có nhiều quan điểm lẫn lộn rằng liệu có thể giảm thiểu ở mức độ nào đó mức gia tăng điện năng tiêu thụ gắn với sự gia tăng dữ liệu hay không. Theo tờ *Independent* của Anh, các trung tâm dữ liệu tiêu thụ khoảng 3% năng lượng của thế giới vào năm 2016 và mức tiêu thụ điện năng của những nơi này dự kiến sẽ tăng gấp ba trong vòng mười năm tới. Việc tăng nhanh số lượng các thiết bị thu thập, lưu trữ và xử lý dữ liệu cho IoT sẽ là một nguyên nhân dẫn đến sự gia tăng năng lượng tiêu thụ này, nhưng nó không phải là điều quan trọng nhất, bởi vì nhiều cảm biến IoT sẽ tiêu tốn rất ít dữ liệu – các cảm biến thông thường sẽ chỉ tốn vài trăm megabyte một năm. Trong khi đó, các video sử dụng khoảng một gigabyte mỗi giờ, và đòi hỏi khả năng xử lý mạnh đáng kể, cũng như rất nhiều dung lượng lưu trữ. Video vốn đang chiếm hầu hết dữ liệu trên mạng của chúng ta, và nhu cầu giải trí, chăm sóc sức khỏe, lối sống và công nghiệp sẽ càng làm gia tăng việc sử dụng video. Đây là một vấn đề năng lượng nghiêm trọng và các trung tâm dữ liệu đang cố gắng cải thiện hiệu suất năng lượng trong các nhà máy của mình. Lẽ dĩ nhiên, lợi ích tài chính buộc họ làm vậy. Những tay chơi lớn như Facebook, Google và Apple đều đang nỗ lực chuyển hướng sang hoàn toàn sử dụng năng lượng tái tạo, xây dựng nhà máy ở vùng khí hậu mát mẻ để giảm chi phí làm mát cũng như xem xét mức tiêu thụ năng lượng trong kiến trúc hệ thống và các quy trình

vận hành. Vài người dự đoán rằng, trong tương lai, việc sử dụng video sẽ phải được phân bổ theo định mức hoặc đánh thuế như một biện pháp để kiềm chế sự gia tăng tiêu thụ năng lượng.

Ngoài an ninh, độ phủ sóng và năng lượng, cũng có những vấn đề xã hội nổi lên từ tiến bộ công nghệ, một vài trong số này đã được đề cập trước đó. Ví dụ, tương lai của việc làm: tất cả chúng ta sẽ làm gì khi mọi thứ đều thông minh và tự chủ? Những công việc gì sẽ được để lại cho con người làm? Và trẻ con sẽ học gì ở trường khi thế giới bên ngoài thay đổi quá nhanh?

Tự thân tương lai của việc làm đã là một chủ đề toàn diện, nhưng các loại nghề nghiệp, cách chúng ta giáo dục và chuẩn bị cho các ngành nghề này, cũng như cách chúng ta xây dựng một xã hội đánh giá cao các loại công việc khác nhau (như y tá điều dưỡng) là một chủ đề đã được nghiên cứu rất nhiều. Từng có một số thử nghiệm xã hội của chính phủ ở các nước, như Phần Lan, Namibia, Canada và Mỹ, để đánh giá tác động của thu nhập cơ bản trên thế giới, hoặc ngày làm việc ngắn hơn trên toàn xã hội. Tại Vương quốc Anh, Scotland là nơi đầu tiên tiến hành các thử nghiệm kiểu này. Thật ra thì cái kết của việc làm đã được đoán trước từ nhiều thế kỷ, nhưng xuyên suốt lịch sử các công nghệ vẫn luôn tạo ra nhiều việc làm hơn là phá hủy chúng – mặc dù còn quá sớm để khẳng định liệu xu hướng này có tiếp tục được duy trì hay không.

Nhiều khả năng IoT cũng sẽ giúp tạo ra một nền kinh tế chia sẻ – một thế giới mà quyền sở hữu trở nên

ít quan trọng hơn. Chúng ta đã không còn mua nhạc hay phim nữa, thay vào đó là chỉ trả tiền cho các dịch vụ để truy cập chúng. Có lẽ là chúng ta cũng sẽ chia sẻ xe hơi, nhà bếp và thậm chí cả thú nuôi trong tương lai. Ở Hàn Quốc, phòng khách dùng chung đang phát triển rất mạnh. Do diện tích căn hộ tương đối nhỏ và thanh niên thường sống cùng cha mẹ, một loại hình giao dịch không gian công cộng lành mạnh đã xuất hiện, cho thuê theo giờ những không gian giống như ở nhà để người trẻ có thể giao lưu. Cũng có thể chúng ta sẽ ra ngoài ăn thường xuyên hơn, vì vậy sẽ khó biện minh hơn cho khoảng không gian dành cho nhà bếp. Các chung cư trong tương lai có thể có nhiều bếp cộng đồng hơn là bếp riêng cho từng căn hộ. Nhà để xe trong các chung cư ở California ngày nay đang được xây dựng với tinh thần rằng chúng sẽ được biến thành phòng tập thể dục hoặc rạp chiếu phim trong tương lai, khi mọi người chuyển sang sử dụng xe hơi dùng chung. Hiện tại, người ta đã có thể thuê một chú chó theo giờ ở New York để làm bạn đồng hành đi bộ (sau một số kiểm tra cần thiết). Đối với những người luôn băn khoăn về cam kết nuôi nấng thú cưng (hoặc đôi khi là cần một con mèo để đối phó với lũ chuột), lựa chọn mua thú cưng dịch vụ có thể rất hấp dẫn. Nền kinh tế chia sẻ đặt ra các vấn đề xoay quanh tương lai của sản xuất – về lý thuyết, chúng ta sẽ ít sản xuất hơn nếu mọi người cùng nhau chia sẻ. Khao khát tiêu thụ sản phẩm có thể thực sự giảm đi khi mức tiêu thụ dịch vụ của chúng ta tăng lên.

Nhìn chung, mặc dù vẫn còn nhiều thách thức lớn phải vượt qua, Điện toán Đám mây và IoT là những yếu tố tạo nên tiến bộ lớn trên toàn xã hội. Hành tinh này đòi hỏi những ý tưởng sáng tạo và đổi mới – có lẽ đến từ các 'dân gốc kỹ thuật số' đã trưởng thành trong thời đại trực tuyến – để xem điều gì có thể và sẽ làm thế giới trở thành một nơi tốt đẹp hơn. Tiềm năng sử dụng Điện toán Đám mây và IoT để cải thiện chất lượng cuộc sống, gia tăng năng suất của các công ty và giải quyết một số thách thức lớn trên toàn cầu là có thật. Chúng chỉ đang chờ đợi để được nhận ra!

9
An ninh mạng

Alan Woodward

Trái ngược với những gì được kể trong các truyền thuyết thành thị, mạng Internet không được tạo ra nhằm chống lại cuộc chiến tranh hạt nhân. Internet nguyên thủy (được biết đến với tên gọi DARPANet, vì nó được Cục Dự án Nghiên cứu Tiên tiến thuộc Bộ Quốc phòng Mỹ, DARPA, phát triển) được tạo ra để cho phép các nhà nghiên cứu chia sẻ tài nguyên một cách tự do. Triết lý này đã được tiếp nối khi Tim Berners-Lee phát triển Ngôn ngữ Đánh dấu Siêu văn bản (Hypertext Mark-up Language, HTML) mà sau này trở thành cái mà chúng ta gọi là World Wide Web. Vào giữa thập niên 1990, Internet được thương mại hóa và mọi thứ đã thay đổi. Chúng ta nhanh chóng nhận ra rằng nếu chuyển thông tin tài chính qua mạng kết nối mới nhưng rất công khai này, chúng ta sẽ cần đến một số cách để giữ cho thông tin đó được an toàn và riêng tư. Thật không may, các công nghệ nền tảng của thế giới trực tuyến, hay 'không gian mạng' này, chưa bao giờ được thiết kế nhằm để bảo mật. Tội phạm công nghệ cao chắc chắn đã theo dõi

dòng tiền trực tuyến để khai thác điểm yếu này, và kể từ đó an ninh mạng được sinh ra.

Bất cứ ai sở hữu một máy tính cá nhân đều rất quen thuộc với việc tăng cường trách nhiệm bảo mật mạng (hoặc ít nhất là tôi hy vọng họ có): cài đặt phần mềm quét vi-rút và tường lửa, thường xuyên đổi mật khẩu,... Khi bọn tội phạm trở nên tinh vi hơn bao giờ hết, người dùng cũng phải dành ngày càng nhiều thời gian để rèn luyện cảnh báo và cập nhật hệ thống bảo mật của mình. Và, đó chính là vấn đề. Ngay cả những người lý trí nhất trong chúng ta[1] cũng sẽ có những phút yếu đuối mà bọn tội phạm có thể khai thác. Trong số Bảy Tội lỗi Chết người Trên Mạng (thờ ơ, tò mò, cả tin, lịch sự, tham lam, tự ti và thiếu suy nghĩ), sự thờ ơ có lẽ là nguy hiểm nhất, và suy nghĩ chuyện đó sẽ chẳng bao giờ có thể xảy ra với bạn chính là bước đầu tiên đảm bảo nó sẽ xảy ra. Khi giải quyết cái gọi là vấn đề PICNIC[2], các nhà khoa học máy tính đã tự hỏi liệu mình có thể loại con người ra khỏi quy trình này hay không.

Quay trở lại với DARPA, người ta đã phát động một cuộc thi xem ai có thể xây dựng một hệ thống có thể bảo vệ máy tính khỏi các cuộc tấn công mạng, mà không cần tới con người chỉ sử dụng Trí tuệ Nhân tạo

---

1. Nguyên văn Spock-like. Từ này có nguồn gốc từ nhân vật Spock trong series phim *Star Trek*, người luôn suy nghĩ một cách rất lô-gích và không thể hiện hay hiểu được cảm xúc bình thường của con người.

2. Nguyên văn Problem is In the Chair Not In the Computer, tạm dịch Vấn đề ở cái ghế, không phải ở máy tính.

(AI): hoàn toàn không cần đến con người. Năm 2016, vòng chung kết đầu tiên của cuộc thi được tổ chức tại Las Vegas, nơi các hacker khắp thế giới tập trung lại để trao đổi ý tưởng và trình bày các kỹ thuật mới nhất tại những hội thảo như Black Hat và DefCon.

Cuộc thi này ban đầu có tham vọng khá khiêm tốn. Người ta giao cho các ứng viên phân tích một số chương trình để xem họ có thể phát hiện được liệu các chương trình này vấp phải lỗi hay không nếu nhận loạt thông tin đầu vào nhất định, và sau đó (trò chơi thực sự) là sửa đổi để chúng không còn dễ bị tấn công như thế nữa.

Các hệ thống tự động sau đó sẽ cùng tham gia với con người trong một cuộc thi kiểu Cướp Cờ. Và kết quả? Vâng, có chút bất phân thắng bại ở đây: mỗi hệ thống đều có ưu điểm ở mặt này và khuyết điểm ở mặt khác. Tuy nhiên, vẫn có một điều thú vị xảy ra, đó là cái được gọi là 'máy học' (machine learning) và nếu có *một* việc nào đó mà máy tính của chúng ta giỏi thì đó chính là học tập. Bạn càng cung cấp cho chúng nhiều dữ liệu, chúng càng nhận diện các hình mẫu tốt hơn (chẳng hạn như các điểm yếu mà tin tặc có thể khai thác). Cũng không mấy ngạc nhiên khi nhiều nhóm nghiên cứu đang chuyển hướng chú ý sang vận dụng máy học trong an ninh mạng.

Sự thật rằng các hệ thống AI trong cuộc thi kể trên không khá hơn so với con người khi nhận diện các mẫu nhất định không phải là điều quan trọng. Sau cùng, đó chỉ mới là nỗ lực đầu tiên. Nhưng nó đã cho thấy rằng

AI có thể là nền tảng cho an ninh mạng trong tương lai, vốn đã hiện ra lờ mờ ở cuối đường chân trời. Tại cuộc thi ở Las Vegas ấy, khi vòng chung kết đang diễn ra, một công ty đã công bố hệ thống diệt vi-rút 'nhận thức' bằng AI có nhận thức đầu tiên: DeepArmor.

DeepArmor có thể chỉ mới giải quyết một khía cạnh của an ninh mạng (diệt vi-rút), nhưng nó là khía cạnh cần hỗ trợ tự động nhất. Bởi con người (hoặc bất kỳ quá trình nào có con người tham gia) đơn giản là không thể theo kịp vô số các biến thể mới của vi-rút máy tính. Gần một triệu mối đe dọa mới xuất hiện mỗi ngày, và dù nhiều trong số chúng là biến thể của các vi-rút hiện có, mỗi loại đều cần phải được xác định thì phần mềm diệt vi-rút mới có cách ngăn chặn nó. Nhưng tình hình đang trở nên tồi tệ hơn, bởi vì bọn tội phạm cũng đã phát hiện ra rằng công nghệ có thể giúp mình tránh được phần mềm diệt vi-rút. Chúng đã phát triển các vi-rút biến thể, giống như vi-rút sinh học tiến hóa trong tự nhiên; ngay cả khi bạn tìm ra mẫu mã độc thì sau vài lần khởi chạy nó có thể đã thay đổi đến mức bạn không thể nhận ra chỉ sau vài lần xâm nhập. Một lần nữa, cũng chẳng ngạc nhiên khi các nhà sáng lập đứng sau DeepArmor đang phát hành một phần mềm bắt chước hệ thống miễn dịch của con người tên là Antigena (Kháng nguyên).

Điều này đánh dấu một bước thay đổi triệt để trong suy nghĩ về an ninh mạng mà sẽ định hình cách chúng ta được bảo vệ trong tương lai. Kỷ nguyên an ninh mạng đầu tiên đã tập trung chủ yếu vào việc ngăn chặn các đợt

tấn công ngay từ biên giới. Giống như một tòa lâu đài, hệ thống của chúng ta – dù đó là máy tính xách tay hay hồ sơ bệnh án của bạn – được thiết lập để ngăn chặn vi-rút hay bất kỳ hình thức tấn công nào khác, ngay từ bước xâm nhập. Tuy nhiên, không gian siêu kết nối trong đó tất cả chúng ta đều tham gia đồng nghĩa với những ý tưởng ban đầu này không còn chính xác nữa. Cái gọi là phòng ngự đa diện đã không còn đủ mạnh. Chúng ta thực sự muốn mời mọi người vào lâu đài của mình. Điều chúng ta không muốn là họ lấy đi chiếc vương miện gắn đầy đá quý. Chúng ta phải có phương tiện cho phép người khác truy cập ẩn danh, nhưng cũng cần có khả năng phát hiện những vị khách đáng ngờ.

Bước tiến gần đây nhất bắt chước hệ thống nhiều lớp phòng thủ mà bạn thấy ở các lâu đài. Chúng ta cho phép mọi người dạo lang thang quanh một số nơi trong lâu đài, thậm chí có thể thiết lập để nhiều nhóm người khác nhau truy cập vào nhiều phần riêng bên trong lâu đài ảo này, với hy vọng các loại trang sức vương miện sẽ được giữ trong pháo đài chính, đồn lũy cuối cùng trong lớp bảo mật của chúng ta.

Hóa ra, các loại máy tính rất giỏi quan sát các hành vi rồi sau đó liên hệ chúng với những kết quả không mong muốn. Thật vậy, bạn càng cho máy tính quan sát nhiều, chúng càng có khả năng phát hiện những hành vi không mong muốn. Gia tăng nguồn dữ liệu và kết quả thu về sẽ cải thiện đáng kể. Dường như tương lai của ngành an ninh mạng đã được sắp xếp ổn thỏa: cứ để tất

cả cho máy tính lo. Nhưng... sử dụng Trí tuệ Nhân tạo và phụ thuộc vào nó mà không có sự can thiệp của con người sẽ đặt ra một số câu hỏi thú vị, ít nhất là vì ban đầu bạn cũng phải 'dạy' cái máy đã. Điều này tạo ra một lĩnh vực mới đang dần nổi lên xung quanh việc điều chỉnh AI để phục vụ cho lợi ích của con người.

Đầu tiên, có một khả năng đáng báo động rằng Internet có thể trở thành một dạng chiến trường điện tử khi AI tốt và AI xấu đối đầu nhau. Cũng như việc con người không nhận thức được những trận chiến sinh học đang diễn ra mỗi ngày trong cơ thể mình, chúng ta có thể cần phải học cách sống chung với căn bệnh truyền nhiễm kỹ thuật số mà 'hệ miễn dịch' của chúng ta đang liên tục chiến đấu lại. Trong phần lớn thời gian, chúng ta không nhận thức được cuộc chiến này nhưng thỉnh thoảng ta cũng 'bị nhiễm trùng' và cần đến thuốc kháng sinh. Nhưng nếu căn bệnh lừa được công nghệ bảo vệ, bệnh nhân chắc chắn sẽ chết. Sẽ phải chấp nhận rằng trong một số trường hợp, chúng ta không thể 'khử trùng' hệ thống, mà thay vào đó phải quét sạch tất cả và xây dựng lại từ đầu bằng các phần mềm sạch. Điều này đã xảy ra mỗi khi máy tính bị nhiễm mã độc tống tiền khiến bạn không có lựa chọn nào khác (nếu bạn không muốn trả tiền chuộc) ngoài việc xây dựng lại toàn bộ hệ thống. Tất nhiên, chìa khóa ở đây là có một bản sao lưu dữ liệu, những phần thực sự có giá trị trong máy tính của bạn, và việc này đòi hỏi có sự tham gia của con người.

Câu hỏi tiếp theo là chúng ta sẽ cho phép AI kiểm

soát hành động của mình đến mức nào. Liệu chúng ta có được phép ghi đè lên những gì AI bảo chúng ta làm hay không? Bạn có thể nghĩ câu trả lời hiển nhiên là 'có.' Nhưng bất ngờ thay, Bảy Tội lỗi Chết người Trên Mạng lại xuất hiện lần nữa. Thử nghĩ về một tình huống khi bạn cố gắng truy cập một trang web, AI phát hiện ra vấn đề và cảnh báo bạn không được tiếp tục. Bạn có lẽ sẽ muốn có một cái nút cho phép mình bỏ qua cảnh báo đó, và nghiên cứu cho thấy con người có xu hướng bỏ qua cảnh báo, có thể bởi vì chúng ta tò mò hoặc thờ ơ, hoặc đơn giản là vì chúng ta không thích bị người khác bảo mình không thể làm gì. Dù lý do có là gì đi chăng nữa, nếu bạn tiếp tục truy cập, hệ thống máy tính của bạn rất có thể sẽ bị nhiễm vi-rút. Nếu nghĩ theo cách đó, thì AI nên có quyền kiểm soát tuyệt đối.

Nghiên cứu cũng cho thấy rằng số lượng cảnh báo con người nhận được sẽ quá lớn tới mức chúng ta bắt đầu ngó lơ chúng. Vấn đề này thậm chí còn có một cái tên: Mệt mỏi An ninh (Security Fatigue), thứ khiến người ta hành động liều lĩnh. Để tránh nó, AI tương lai của chúng ta cần phải biết xác định đâu là mối đe dọa quan trọng nhất, đánh giá xem bao nhiêu cảnh báo là quá nhiều và phán đoán xem thời điểm nào thích hợp để đưa ra cảnh báo, để chúng ta thực sự chú ý. Nhưng tất nhiên AI không biết suy xét, chỉ có con người làm điều đó; còn với AI, đơn giản là có hoặc không.

Tất cả những điều này tiếp tục đưa chúng ta đến một câu hỏi khác. Loại người nào nên tham gia vào hệ

thống? Chẳng hạn, liệu các quy tắc hoạt động của AI có nên được sử dụng để kiểm duyệt các trang web bạn truy cập không? Vấn đề cuối cùng nằm ở cái gì thì có hại. An ninh mạng đã cố gắng giúp những người dùng ngây thơ vô tội tránh truy cập phải các trang web chứa đựng nội dung cực đoan hoặc có thể khiến họ bị lôi cuốn vào hành vi không mong muốn. Nếu AI tương lai cũng sẽ 'bảo vệ' người dùng khỏi sự tò mò của chính chúng ta, thì ai sẽ là người xác định ranh giới – hay ta sẽ để AI tự 'học' và tự nhận ra điều gì có hại, rồi sau đó tự quyết định như vậy? Nhiều người xem điều đó là cơn ác mộng. Ngay cả khi không có sự hiện diện của một tên độc tài hay một nhà nước bảo mẫu[1], AI vẫn có thể đi quá xa và kết luận rằng phần lớn những gì con người có thể tìm thấy trên mạng là có hại. Từ 'có hại' thật mơ hồ làm sao.

Trong thập niên tới, con người cần đưa ra quyết định liệu chúng ta có muốn AI bảo vệ mình trong không gian mạng, hay chúng ta chỉ muốn dựa vào các phương pháp hiện tại. Đó không phải là một quyết định đơn giản, nhưng vẫn sẽ có một quyết định được đưa ra, trừ phi có một cuộc tranh luận công khai về nó. Nhưng, nếu chúng ta không muốn dùng AI và các phương pháp hiện tại đang ngày càng trở nên kém hiệu quả, liệu có còn cách nào khác không? Vâng, có thể vẫn còn đấy.

Giả sử chúng ta quyết định rằng con người phải ở

---

1. Nguyên văn Nanny state, thuật ngữ chính trị học dùng để mô tả một chính phủ với các chính sách mang tính bảo vệ hay can thiệp quá mức vào cuộc sống và lựa chọn của người dân.

đâu đó trong quá trình này: vậy thì đâu là những tình huống mà con người không thể tham gia trực tiếp? Đâu là vai trò của Internet Vạn Vật (IoT) – với đội quân thiết bị thông minh bị bỏ rơi ngày càng gia tăng quân số, đang giao tiếp mà không bị chúng ta can thiệp? Tủ lạnh, ấm đun nước và lò nướng bánh sẽ được nối mạng để cung cấp các tính năng tiện lợi hơn bao giờ hết. Nhưng trong khi chiếc lò nướng bánh có nối mạng nhà bạn không đáng để cướp đi vài thông tin có giá trị, nó có thể bị buộc phải tham gia một đội quân xác sống botnet, sẵn sàng phát động các cuộc tấn công từ chối dịch vụ phân tán (Distributed Denial of Service, DdoS) khi mà quá nhiều dữ liệu được gửi đến gây quá tải và hệ thống không còn có thể phục vụ người dùng chính thống. Kích thước của IoT cũng sẽ trở nên đáng kinh ngạc: hàng triệu thiết bị sẽ được kết nối với nhau và tin tặc sẽ có khả năng phá hỏng dung lượng dự phòng của các thiết bị IoT này. Chúng ta sẽ phải đối mặt với tình huống có gì đó thật khôi hài khi một quốc gia có thể bị đánh bại chỉ bằng các sản phẩm nội địa của chính nó.

Hãy quay trở lại vấn đề căn bản, những công nghệ cơ bản làm nền tảng xây dựng nên Internet. Chúng ta có khả năng thay đổi một số công nghệ cơ bản này để dù có truy cập vào bất cứ nơi nào trên Internet, bạn, cũng như những người tương tác với bạn, sẽ được xác định rõ ràng. Nếu nhận được một bức thư điện tử, bạn có thể biết chắc chắn nó đến từ ai. Nếu một trang web khởi chạy phần mềm độc hại, nó có thể dễ dàng bị truy ra và

chặn đứng. Nếu một tin tặc tấn công máy tính của bạn, bạn sẽ biết đích xác hắn là ai và đến từ đâu. Tất cả dựa trên giả định rằng mọi người sẽ đổi sang cái được gọi là Giao thức Internet phiên bản 6 (IPv6). Nó đã tồn tại từ thập niên 1990 và có lẽ cũng đang chạy trên máy tính của bạn, nhưng mọi nỗ lực để phổ biến nó đều chỉ gây thất vọng. Hầu hết các nội dung trên mạng đều gắn với Giao thức Internet phiên bản 4 (IPv4) bất chấp những khuyết điểm vốn có của nó.

Bạn có lẽ sẽ không cần đến một máy tính mới, nhưng để làm cho nó được an toàn thì (a) mọi người phải chấp nhận IPv6; và (b) mọi người sẵn sàng để có một danh tính kỹ thuật số. Và khó khăn là ở chỗ đó. Không phải ai cũng muốn bị định danh trực tuyến. Con người đã trở nên quen với Internet như một nơi mà chúng ta có thể đi lang thang tự do, thoát khỏi những tiêu chuẩn ta phải đối mặt trong cuộc sống vật chất của mình. Chúng ta khá ưa thích việc có thể duyệt web với danh tính giả. Một số còn đi xa hơn khi chủ động bảo vệ tính ẩn danh bằng việc sử dụng các phần mềm như Bộ Định tuyến Củ hành (The Onion Router, TOR), để che giấu địa chỉ IPv4 của mình.

TOR là một dự án ban đầu được Hải quân Hoa Kỳ phát triển với ý định tốt đẹp, nhưng sau đó nó trở nên khét tiếng khi trở thành nền tảng chạy cái được gọi là Dịch vụ Chìm (Hidden Service) – các trang web chỉ có thể truy cập bằng trình duyệt TOR và bởi vậy bạn không thể xác định vị trí thực. Đây là những gì mà người ta

gọi là 'Web Đen' (Dark Web) và các trang web ở đó sẽ bán cho bạn mọi thứ, từ ma túy đến các bộ phận của vũ khí hủy diệt hàng loạt. Web Đen nay lại được liên kết với nhau bằng các dạng tiền ảo ẩn danh, nổi tiếng nhất trong số đó là Bitcoin. Đây là các loại 'tiền mã hóa' (cryptocurrencies) được tạo ra với ý định trở thành dạng tương đương của tiền mặt dùng trong trực tuyến: không thể theo dõi và dễ dàng lưu chuyển. Không ngạc nhiên khi Europol phát hiện ra rằng 40% các trò chuyển tiền của bọn tội phạm đã được thực hiện bằng cách sử dụng công nghệ này.

Và cũng không ngạc nhiên khi các cơ quan hành pháp đã vất vả để vạch trần những kẻ đứng sau Web Đen. Như với toàn thể giới công nghệ, bạn sẽ luôn tìm thấy loại công nghệ giúp lật ngược những gì mà một công nghệ khác cung cấp – trong trường hợp này là tính ẩn danh. Tuy nhiên, nó cũng giống như một cuộc chạy đua vũ trang không biết nản, bởi vì ngay khi một cơ chế được tìm thấy để vạch mặt một kẻ nặc danh trên Web Đen, công nghệ lại phát triển thêm một bước và làm cho những nỗ lực thực thi pháp luật trở nên vô dụng. Ngay cả khi chúng ta xác định được các lỗ hổng cơ bản trong cách thức hoạt động của một số công nghệ, thì một loại công nghệ mới lại nhanh chóng xuất hiện. Chẳng hạn, TOR phần nào phụ thuộc vào việc các tình nguyện viên chạy các nút (node) của mạng này bảo vệ tính ẩn danh của người dùng trong hệ thống. Một khi các cơ quan hành pháp bắt đầu khai thác thực tế này để thiết lập các

nút giúp họ tiếp cận những gì xảy ra trong Web Đen, công nghệ lại được cập nhật để ngăn không cho những 'củ hành thối' này gây ảnh hưởng đến tính ẩn danh của người dùng TOR. Hơn nữa, một lớp công nghệ hoàn toàn mới đang nổi lên với tên gọi Web Đen Ngang Hàng, nó tự quảng cáo chính mình là 'Internet Vô Hình'. Khác với TOR, vốn được biết đến rộng rãi, các mạng ngang hàng trải rộng trên toàn bộ Internet và do đó hòa lẫn vào những thứ rối rắm trong nền tảng.

Điều tương tự cũng xảy ra với tiền mã hóa (một dạng tiền kỹ thuật số được mã hóa). Chúng thường sử dụng một kỹ thuật gọi là Chuỗi Khối (blockchain), trong đó tất cả các giao dịch đều được công khai, không thể giả mạo hoặc hủy bỏ, nhưng đồng thời cũng được thiết kế để hoàn toàn ẩn danh. Kỹ thuật kinh điển là 'Theo dấu Đồng tiền' (follow the money) nhưng ngay cả loại tiền mã hóa nổi tiếng nhất như Bitcoin cũng được thiết kế để cản trở việc này, dù rằng các kỹ thuật mới đã cho phép các cơ quan thực thi pháp luật có cơ hội xác định nơi tiền ảo mất dấu. Nhưng, cũng giống như với TOR, ngay sau khi công nghệ được phát triển để xác định ai đang sử dụng Bitcoin, các hình thức tiền ảo mới lại được triển khai để làm cho các kỹ thuật mới hóa thành vô dụng. Những đồng tiền mới như ZeroCoin đã nổi lên, đặc biệt nhằm đánh bại các kỹ thuật do phía cảnh sát phát triển.

Giả sử IPv6 và các tiện ích bảo mật của nó trở thành cơ sở mặc định của Internet, khi đó sẽ có một số người dùng tuân thủ pháp luật, và đương nhiên là bọn tội phạm,

những kẻ chỉ muốn tiếp tục ẩn danh. Các công nghệ như TOR có thể vẫn tồn tại (mặc dù chúng sẽ đòi hỏi cấu hình hơi khác) và chuyện này sẽ làm cho việc giới thiệu IPv6 trở nên vô nghĩa. Tuy nhiên, những thất bại trong việc giới thiệu IPv6 và các hệ thống bảo mật có thể được triển khai cùng với nó đã không làm nản lòng những người nhiệt thành. Cuối cùng rồi nó sẽ bắt kịp! Mọi chuyện có thể kết thúc trong một tình huống mà chúng ta có một loại Internet hai tầng: những người vui vẻ đón nhận danh tính mới đi kèm với khả năng bị theo dõi, và những người muốn ở bên ngoài hệ thống này. Ở một số quốc gia, nó sẽ không phải là một lựa chọn, nhưng nếu bạn có thể lựa chọn, hãy hình dung đến một khu vườn có tường rào bao quanh, trong đó bạn có thể vô tư chơi đùa mà không sợ bị tấn công. Nhưng, nếu cho rằng khu vườn có tường rào này giống một cái lồng mạ vàng hơn, bạn có quyền tự do rời khỏi khu vườn và bước sang phần còn lại của Internet: một phần trong không gian mạng mà ít nhiều gợi nhớ đến miền Tây hoang dã. Lựa chọn là của bạn, nhưng cần nhớ rằng nếu bạn đã chủ động chọn rời khỏi sự bảo vệ của khu vườn có tường bao, bạn sẽ không được phép trở lại. Sau tất cả, nếu sống trong một khu vô trùng, bạn sẽ chẳng thể thoải mái ra vào mà không cần thực hiện một loạt các kiểm tra để đảm bảo bạn đã không mang theo thứ gì xấu về nhà với bạn.

Tin tặc sẽ thấy những người lang thang trong không gian được bảo vệ này là mục tiêu hấp dẫn. Việc tin tặc lén lút tìm cách lẻn vào không gian an toàn này và tấn

công những mục tiêu không ngờ đến là điều không thể tránh khỏi. Ngày nay, chúng ta đã quen với kỹ thuật xã hội của bọn tin tặc – sử dụng địa chỉ email hoặc thông tin của một người quen để khiến chúng ta click vào liên kết, chẳng hạn – nhưng nếu chúng xuất hiện hoàn toàn bất ngờ, các đợt tấn công kỹ thuật xã hội sẽ có ảnh hưởng nghiêm trọng hơn. Tấn công từ bên trong khu vườn có tường rào là điều rất khó, nhưng nó sẽ xảy ra.

Có thể chứng minh rằng các thiết bị Internet Vạn Vật hoạt động như một bộ phận trong khu vườn có tường rào của chúng ta có thể chính là những điểm yếu. Nếu bạn xem lại những vụ cướp ngân hàng thành công nhất, bọn cướp không đi vào từ cửa trước, nhưng là lẻn qua đường cống để đến khi người ta phát hiện ra những khu hầm trống rỗng thì chúng đã cao chạy xa bay. Không có không gian mạng nào là thực sự an toàn, nhưng nó sẽ an toàn hơn rất nhiều so với không gian mạng mà chúng ta biết ngày nay. Câu hỏi đặt ra là, bạn muốn đứng ở bên nào của bức tường?

Người ta cho rằng không gian mạng trong tương lai của chúng ta có thể cần đến hai hình thức chính sách khác nhau. Bên trong khu vườn an toàn, chúng ta vẫn sẽ cần hình thức kiểm soát bằng lực lượng an ninh nào đó, ngay cả khi nó chỉ dùng để giải quyết các tranh chấp thương mại – giống với người cảnh sát hàng xóm đang làm nhiệm vụ, biết rõ mọi người trong khu và sẵn sàng 'nói chuyện riêng' khi cần thiết. Bên ngoài khu vườn có tường rào, chúng ta sẽ cần đến những người giống như

các vị thủ lĩnh của miền Tây hoang dã. Những vị thủ lĩnh trong không gian mạng này sẽ là các chuyên gia với một cái trát tìm kiếm và bắt giữ bọn tội phạm trên mạng. Các chuyên gia như vậy vẫn luôn tồn tại ở các lĩnh vực khác từ trước. Chẳng hạn, khi đường sắt được phát minh, các hình thức tội phạm mới cũng xuất hiện và Cảnh sát Giao thông Anh được thành lập. Khi chủ nghĩa khủng bố bắt đầu tấn công các hãng hàng không, lực lượng an ninh hàng không đã được triển khai để theo dõi những kẻ có thể gây ra những mối nguy hại khác. Và bởi vì Internet là một hiện tượng toàn cầu, chúng ta thậm chí còn chứng kiến đội quân mũ xanh của Liên Hiệp Quốc được triển khai để gìn giữ hòa bình bên ngoài khu vực an toàn. Vấn đề quan trọng ở đây là cơ quan nào sẽ giao nhiệm vụ cho những thủ lĩnh không gian mạng.

Cho dù là ở bên trong hay bên ngoài khu vực an toàn mạng, câu hỏi lớn đặt ra sẽ là những điều luật nào được áp dụng. Tại thời điểm này, pháp luật thường phân chia theo ranh giới quốc gia, nhưng tội phạm mạng thì không như thế. Nếu tôi gửi hàng triệu email lừa đảo từ một nước cho những người nhận ở nhiều nước khác, tôi sẽ ít có nguy cơ bị truy nã, chưa kể đến việc bị khởi tố, hơn là bước vào ngân hàng với khẩu súng ngắn nòng. Và lợi nhuận thu về cao hơn rất nhiều: tội phạm mạng có thể mang lại khoản lợi nhuận cao gấp 10 lần với rủi ro rất hạn chế. Nên cũng chẳng mấy bất ngờ khi tội phạm mạng hiện đang là hình thức tội phạm lớn nhất, nhưng chúng ta vẫn không có cơ quan thực thi pháp luật nào trên mạng.

Để giải quyết vấn đề này, chúng ta có thể cố gắng đàm phán các điều ước quốc tế giống như cách chúng ta đã làm để kiểm soát viễn thông hoặc hàng không vận tải, nhưng không gian mạng phức tạp hơn rất nhiều. Chúng ta đã mất hàng chục năm để có thể nhất trí về các luật lệ quốc tế điều chỉnh hàng không vận tải, điện báo và điện thoại, và tất cả những điều này đều có phạm vi tương đối nhỏ. Ngay từ đầu, tội phạm mạng bắt đầu bằng giả định rằng mọi người đều xem một số hành động nhất định là tội phạm, nhưng sự thật không phải vậy. Chẳng hạn, nhiều quốc gia trên thế giới có thỏa thuận rằng họ sẽ bảo vệ bản quyền của tác giả, nhạc sĩ, nhà làm phim,... ở trong nước cũng như xuyên biên giới. Tuy nhiên, một số quốc gia khác, đặc biệt là những nước tách ra từ Liên Xô cũ, Đông Âu và châu Á, lại tỏ ra miễn cưỡng khi thực thi các quy định bản quyền này so với các quy định khác. Không ngạc nhiên khi đây là số ít các quốc gia đang chịu trách nhiệm cho phần lớn các nội dung được sao chép bất hợp pháp hiện nay.

Có lẽ chúng ta sẽ kết thúc trong một tình huống mà các thủ lĩnh không gian mạng chính là luật pháp trong những khu vực vô luật của Internet, với các 'tổ dân phòng mạng' giúp duy trì luật pháp và trật tự. Hiện tượng này không mới, nhưng ít nhất thì các cơ quan hành pháp hiện đang áp dụng pháp luật một cách bình đẳng, nên nếu những đối tượng này vượt quá giới hạn thì họ cũng có tội như bất cứ ai khác. Lịch sử đã dạy chúng ta rằng hoạt động tự phòng vệ trong một môi trường

hoàn toàn không có luật pháp có thể dẫn đến những tình huống mà liều thuốc chữa còn tệ hơn căn bệnh.

Chúng ta đang phải đối mặt với một tình huống lưỡng nan thú vị: liệu chúng ta sẽ muốn an ninh AI đen-trắng rõ ràng, hay sự phán đoán có thể sai lầm của một thủ lĩnh không gian mạng? Không có quyết định nào là dễ dàng về tương lai an ninh của chúng ta trong không gian mạng. Điều duy nhất có thể chắc chắn là bọn tội phạm sẽ lợi dụng bất kỳ kẽ hở nào của luật pháp và chúng ta cần quyết định xem liệu mình có muốn trở thành những cá nhân tự bảo vệ lấy mình, hay sẽ trao quyền bảo vệ đó cho một người, hoặc một thứ, nào khác. Gort (Rô-bốt giữ gìn hòa bình trong phim *The Day the Earth Stood Still*) hay Wyatt Earp (vị thủ lĩnh miền Tây hoang dã) – tùy bạn chọn!

10

Trí tuệ Nhân tạo

Margaret A. Boden

Bạn không thể khẳng định chắc chắn Trí tuệ Nhân tạo (AI) sẽ ở đâu trong tương lai. Nhưng thật dễ dàng để khẳng định nó sẽ *không* ở đâu: nó sẽ không được giấu dưới một hòn đá. Thay vào đó, nó sẽ phổ biến khắp nơi và trở thành không thể lờ đi được.

AI đã xuất hiện trong nhiều khía cạnh của xã hội. Nó trở thành trọng tâm của mọi tìm kiếm trên Internet và mọi ứng dụng. Nó nằm trong mọi truy vấn GPS, mọi trò chơi video và phim hoạt hình của Hollywood, mọi ngân hàng, công ty bảo hiểm, bệnh viện – và, tất nhiên, mọi đồng hồ thông minh và xe hơi không người lái.

Trong tương lai, người ta sẽ thấy AI ở khắp mọi nơi: tòa án, văn phòng, viện dưỡng lão,... thậm chí cả nhóm tư vấn hôn nhân. Rô-bốt Hỏa Tinh sẽ có vô số anh em họ làm việc trên sàn nhà kho. Internet Vạn Vật (IoT) sẽ kết nối các máy tính đeo tay (giúp theo dõi vị trí, mức độ hoạt động và huyết áp của chúng ta) với một loạt các tiện ích trong nhà, tại văn phòng, trên đường phố và ở

nhà hàng. Sẽ không phải Đại Ca theo dõi bạn[1], mà là hàng nghìn tỉ cậu em nhỏ – liên tục nói chuyện với nhau không ngừng nghỉ.

Những phát triển này sẽ xuất hiện khá sớm – thực ra, hầu hết chúng đã bắt đầu. Trong vòng vài chục năm tới, vô số ví dụ như vậy sẽ định hình cuộc sống của chúng ta. Xã hội công nghiệp sẽ phụ thuộc sâu sắc vào chúng. Và các nước đang phát triển cũng sẽ bị ảnh hưởng, chẳng hạn như khi tư vấn y tế hoặc nông nghiệp dựa trên AI được cung cấp cho những người sống cách xa các bệnh viện hiện đại hoặc các nhà khoa học nông nghiệp.

Một tiến bộ gần đây đã giúp biến tất cả những điều trên trở thành hiện thực là máy học sử dụng dữ liệu lớn: một lượng lớn thông tin được lưu trữ nay có thể được phân tích để tìm ra các mẫu và xu hướng trong hành vi của con người. Công nghệ AI này – được gọi là 'học sâu' (deep learning) – đã xuất hiện trong lý thuyết kể từ hơn một phần tư thế kỷ trước, nhưng chưa thể đưa vào thực tiễn bởi vì chúng ta chưa có máy tính đủ mạnh. Tuy nhiên, trong vài năm qua, sức mạnh và dung lượng máy tính đã tăng lên đủ để cho phép các máy tính ngày nay (với khả năng thực hiện một triệu tỉ phép tính mỗi giây) học hỏi từ các ngân hàng dữ liệu khổng lồ đang nắm giữ hàng tỉ mục thông tin.

---

1. Nhại lại câu "Đại Ca đang theo dõi bạn" (Big Brother is watching you) trong *1984* của George Orwell.

Loại máy học này có thể tìm thấy các hình mẫu, ở mức độ chi tiết khác nhau, trong các tập dữ liệu khổng lồ. Chẳng hạn, chúng có thể là tốc độ và vị trí hiện tại của từng chiếc xe hơi và xe buýt trên những con đường của một thành phố, đi kèm tình trạng hiện tại của mọi đèn giao thông; hoặc hồ sơ bệnh án từ tất cả các bệnh viện khu vực hoặc toàn quốc, nêu chi tiết các triệu chứng, liều lượng thuốc và kết quả điều trị của từng bệnh nhân.

Các hệ thống AI như vậy không được lập trình theo kiểu truyền thống – 'làm cái này, sau đó thực hiện cái kia'. Thay vào đó, chúng bao gồm các mạng thần kinh nhân tạo (neural networks) đa lớp, trong đó đầu ra của lớp này sẽ trở thành đầu vào của lớp tiếp theo. Mỗi lớp chứa hàng nghìn đơn vị, giao tiếp với nhau cho đến khi chúng 'ổn định' thành trạng thái thể hiện một hình mẫu được tìm thấy trong dữ liệu. Thông thường, những hình mẫu này rất mới mẻ và không hề được trông đợi – thậm chí những người đang chạy các hệ thống này cũng chẳng thể ngờ tới.

Năm 2016, một ứng dụng của công nghệ này (được Google DeepMind phát triển) đã học được cách chơi trò *Go* đủ giỏi để đánh bại nhà vô địch thế giới – một thành công khó hơn rất nhiều so với việc đánh bại nhà vô địch cờ vua thế giới (do Deep Blue của IBM thực hiện năm 1997). Nhưng đây chỉ là một trò chơi, dù có ấn tượng đến mức nào đi chăng nữa, nó cũng không có ứng dụng thực tế. Tuy nhiên, 'học sâu' đã được các chính phủ, và các công ty giàu có trên khắp thế giới sử dụng. Khi công

nghệ trở nên rẻ hơn, và do đó phổ biến hơn, nó sẽ lan rộng vào hầu như mọi lĩnh vực của xã hội.

Có lẽ bạn đang nghĩ 'Hôm nay là trò Go. Ngày mai sẽ là bất cứ điều gì ta muốn!' Tuy nhiên, mọi chuyện không hẳn sẽ diễn ra như thế. Hệ thống học sâu ngày nay cực kỳ mạnh mẽ, nhưng chúng chưa được hiểu rõ. Nói theo thuật ngữ chuyên môn thì chúng là các 'hộp đen': những hệ thống với đầu vào và đầu ra có thể đo lường được, nhưng hoạt động diễn ra bên trong thì vẫn chưa rõ ràng. Những nhà thiết kế/lập trình viên chưa thực sự hiểu cách quá trình này hoạt động, vì vậy họ cũng chẳng thể đưa ra các dự đoán đáng tin cậy rằng những hệ thống đó sẽ làm gì tiếp theo. Tất nhiên, các lập trình viên cũng nhận thức được vấn đề này và những nỗ lực to lớn – cùng với ngân sách dồi dào – đang được dành để nghiên cứu nó. Nhưng không ai biết khi nào, hoặc thậm chí liệu có khả năng, những chiếc hộp đen này sẽ trở thành hộp xám (ý tôi là một khoảng nào đó giữa đen và trắng – trong đó chúng ta hiểu chính xác hoạt động của quá trình này) có thể xử lý được, hay có lẽ nó chỉ là một giấc mộng viển vông.

Vậy nên, hãy cẩn thận hơn với tương lai học. Có những thứ phức tạp hơn rất nhiều so với những gì phần lớn chúng ta nghĩ. Một ví dụ như vậy là trí tuệ nhân tạo thông minh *phổ quát* (artificial general intelligence, AGI). Đây là mục tiêu của hầu hết những nhà tiên phong trong lĩnh vực AI hồi thập niên 1950 – và thậm chí trước đó, của Alan Turing. Họ hy vọng phát triển các hệ thống AI

với khả năng và tính linh hoạt tương đương con người. Một và chỉ một chương trình lập trình tích hợp – cực kỳ phức tạp, không nghi ngờ gì – sẽ có thể giúp giải quyết vấn đề thuộc nhiều loại khác nhau. Nó sẽ sử dụng – và tích hợp khéo léo – ngôn ngữ, thị giác, thính giác, học tập và sáng tạo. Và thêm cả khả năng điều khiển hành vi, nếu nó đang kiểm soát một rô-bốt. Nói cách khác, chương trình tích hợp đáng mong đợi này sẽ rất khác với các chương trình đơn lẻ và ứng dụng hết sức chuyên biệt mà chúng ta đã quen thuộc ngày nay.

Kỳ vọng ban đầu đặt vào AGI là rất cao. Một chương trình năm 1959 thậm chí còn được đặt tên là 'Người Giải quyết Vấn đề *Chung*' bởi vì – trong thực tế – nó có khả năng giải quyết *bất kỳ* vấn đề nào có thể được thể hiện dưới dạng hệ thống phân cấp các mục tiêu và mục tiêu con. (Thật ra, phát biểu một vấn đề cho trước bằng các cấp như vậy là công việc của một lập trình viên, và đó mới là phần khó nhất.)

Một trong những vấn đề mà nó giải quyết thành công là bài toán thầy tu và con quỷ (missionaries-and-cannibals puzzle): *Ba thầy tu và ba con quỷ đứng trên một bờ sông với một chiếc thuyền chỉ có thể chở được hai người; làm thế nào để tất cả sáu người có thể qua sông, mà số quỷ ở trên bờ sông không bao giờ nhiều hơn số thầy tu?* Giải được bài toán đó không phải là chuyện tầm thường, bởi vì câu đố ẩn chứa một cái bẫy. (Hãy thử tự giải bài toán, bằng cách dùng đồng xu chẳng hạn.) Bài toán này đã được sử dụng như một tiêu chuẩn cho AI vào thời điểm đó, thế

nên cũng không ngạc nhiên khi mọi người cực kỳ phấn khởi khi một cỗ máy giải được nó.

Đã có nhiều nỗ lực nhằm cải thiện và mở rộng các hệ thống như vậy. Nhưng điều đó có lẽ là quá khó. Tới cuối thập niên 1970, hầu hết các nhà nghiên cứu AI đã chuyển sang những nhiệm vụ hẹp hơn, chẳng hạn như 'hệ thống chuyên gia' được thiết kế để chẩn đoán và/hoặc kê đơn cho một căn bệnh cụ thể. Phương châm được sử dụng trong lĩnh vực này là 'đưa tri thức thế giới vào các chương trình AI' bởi vì chúng được cung cấp kiến thức thực tế (về các chẩn đoán y khoa chẳng hạn).

Có thể kể ra hàng nghìn ví dụ về các hệ thống chuyên gia (một thuật ngữ đã không còn thời thượng nữa) ngày nay, được sử dụng cho cả các nhiệm vụ phức tạp lẫn giản đơn, từ thăm dò dầu khí, phần mềm phiên dịch và nhận diện khuôn mặt, đến việc đi tìm nhà hàng Ấn Độ gần nhất. Hầu hết các nghiên cứu về AI trong thế kỷ 21 đều liên quan đến các hệ thống chuyên gia như vậy. Nhưng không phải tất cả đều như vậy, vì AGI giờ đây lại trở thành một mục tiêu quan trọng. (Mô hình nhận thức LIDA, được đề cập dưới đây, là một ví dụ.) Tuy nhiên, chưa có hệ thống AGI hiện tại nào thực sự là 'phổ quát' theo nghĩa mà Alan Turing đã hình dung.

Tuy nhiên, người hâm mộ chương trình Watson[1] của IBM có thể bắt bẻ lập luận này. Họ sẽ nói rằng chúng

1. Watson là một chương trình phần mềm trí tuệ nhân tạo do IBM phát triển với mục đích đưa ra lời đáp cho các câu hỏi được nêu lên bằng ngôn ngữ tự nhiên.

ta đã thành thạo công nghệ AGI. Nếu không thì làm sao chương trình này có thể đánh bại hai nhà vô địch của loài người trong trò chơi kiến thức chung Jeopardy! hồi năm 2011? Các thí sinh trong trò chơi này không hề nhận được những câu hỏi trực tiếp, mà là các manh mối và phải tìm ra câu hỏi thích hợp có thể là gì. (Người ta sẽ không hỏi bạn 'Thủ đô nước Pháp là gì?' mà có lẽ sẽ là 'Một thủ đô bị một người thừa kế khách sạn chiếm giữ'.) Một câu hỏi như vậy đòi hỏi người chơi phải có tư duy đường vòng – hoặc ít nhất là phải đọc rộng.

Thành công rực rỡ của Waston tại Jeopardy! thực sự mang tính thiên tài, và các nhà lập trình ra nó hoàn toàn có quyền tự hào. Tuy nhiên, trí thông minh của Watson không giống với chúng ta. Chẳng hạn, có một lần, hệ thống này chỉ tập trung chính xác vào chân của một vận động viên, nhưng không nhận ra được thực tế quan trọng trong cơ sở dữ liệu lưu trữ của nó là người này bị mất một chân. Các lập trình viên hiện đã đánh dấu tầm quan trọng của từ 'mất' để lỗi này không xảy ra lần nữa. Nhưng một con người, biết được sự liên quan của việc mất một chân với năng lực thể thao (và với cuộc sống hằng ngày), sẽ chẳng mắc lỗi này ngay từ đầu. Sự liên hệ đến con người, hay cuộc sống của con người, là một lỗi lớn mà tất cả các hệ thống AGI phải đối mặt: nói một cách đơn giản, máy tính không thể hiểu chúng ta thì như thế nào.

Nói cách khác, một số nhiệm vụ đầy tham vọng đặt ra cho AI/AGI có thể khó khăn đến mức ngay cả khi

chúng có thể được thực hiện *về mặt nguyên tắc* (rốt cuộc thì não bộ con người cũng không hoạt động theo kiểu phép thuật), thì vĩnh viễn chúng vẫn là bất khả *trong thực tế*.

Điều này hiện bị những người tin vào 'Điểm Kỳ dị' – một điểm tưởng tượng mà một số nhà khoa học AI nói rằng chúng ta sẽ đạt được trong vòng 20 năm nữa và là điểm mà trí thông minh của AI sẽ ngang ngửa hoặc vượt qua con người, khi máy móc có thể tự cải thiện chúng một cách nhanh chóng và thông minh. (Một số nhà khoa học có dự đoán khác, rằng Điểm Kỳ dị sẽ xảy ra vào cuối thế kỷ này.) Tất cả các vấn đề quan trọng của chúng ta, theo một số người tin vào Điểm Kỳ dị, sẽ được giải quyết. Chiến tranh, nghèo khổ, nạn đói, bệnh tật, thậm chí là cái chết: tất cả đều sẽ biến mất.

Quan điểm này rất gây tranh cãi. Chẳng hạn, liệu việc một số hệ thống phi-con người có khả năng giải quyết các cuộc khủng hoảng chính trị ở Trung Đông có thực sự đáng tin? Phải thừa nhận rằng, con người chúng ta, cho đến nay, vẫn chưa làm tốt công việc của mình. Nhưng niềm tin rằng AI có thể làm thay chúng ta đòi hỏi một bước nhảy vọt về niềm tin công nghệ mà đối với nhiều người (gồm cả bản thân tôi) là quá xa; sự nhạy cảm chính trị và bối cảnh lịch sử liên quan đến nó là quá phức tạp và tinh tế để AI có thể xử lý.

Một kịch bản tương lai khác được dự đoán bởi (một số) người tin tưởng vào Điểm Kỳ dị là 'rô-bốt sẽ chiếm quyền kiểm soát' và gây ra những hậu quả khủng khiếp

cho nhân loại. Trong kịch bản này, các AI siêu thông minh sẽ không ngừng theo đuổi các mục tiêu của riêng chúng, những mục tiêu có lẽ sẽ rất có hại cho chúng ta. Chúng không cần (mặc dù chúng có thể) cố gắng làm hại con người. Nhưng, giống như việc loài người thờ ơ với số phận của loài kiến, AI siêu thông minh có thể gây hại hoặc thậm chí tiêu diệt con người nếu dám cản đường chúng. Chẳng hạn, một AI tương lai được thiết kế để tạo ra các kẹp giấy, có thể nghiền nát cơ thể người để lấy các nguyên tử kim loại – ví dụ như sắt trong máu của chúng ta – có thể dùng để sản xuất kẹp giấy.

Tóm lại, người ta đang bất đồng nghiêm trọng, không chỉ về việc Điểm Kỳ dị có xảy ra hay không, mà còn về việc đó sẽ là Điều Tốt hay Điều Xấu. Trong cả hai trường hợp, sẽ có rất nhiều điều thú vị chờ đợi phía trước. Nhưng người ta không phải tin vào Điểm Kỳ dị chỉ để dự đoán một tương lai thú vị cho AI. Bạn có thể tự tin nói rằng AI sẽ tiến xa hơn nhiều so với hôm nay. Nhưng nó *có thể* đi bao xa? Chẳng hạn, AI của tương lai có thể vượt qua Phép thử Turing nổi tiếng không? Năm 1950, Turing đã tiên đoán về một thời đại khi mà con người có thể trò chuyện với một chương trình AI đến tận năm phút mà không nhận ra nó là máy tính hay con người (trong khoảng 30% thời gian). Vẫn chưa có máy tính nào vượt qua phép thử này – mặc dù người ta vẫn thường hay bị lừa nếu không được cảnh báo rằng họ có thể đang nói chuyện với máy tính.

Hằng năm, người ta vẫn tổ chức một cuộc thi về

Phép thử Turing (chiếu trực tiếp trên mạng) tại Bletchley Park, nơi mà Turing đã giải mã Enigma của Đức trong Thế chiến II. Những người chơi hy vọng giành được giải thưởng Loebner trị giá 2.000 USD cho người tham gia 'tuyệt vời nhất' – và lời hứa trao 25.000 USD cho 'máy tính đầu tiên có phản hồi mà con người không thể phân biệt được' và 100.000 USD cho một hệ thống có khả năng xử lý âm thanh-hình ảnh cũng như ngôn ngữ gần giống con người.

Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có máy tính nào giành được 25.000 USD. Không có chương trình lập trình nào có thể lừa gạt các giám khảo qua mốc 30% thời gian cần thiết. Phải thừa nhận là máy tính chiến thắng cuộc thi Loebner năm 2014 đã khiến các giám khảo nghĩ rằng nó là một con người trong 33% thời gian. Tuy nhiên, con người mà họ nghĩ tới (tức là, lựa chọn của họ từ một vài người được các nhà tổ chức cuộc thi giới thiệu) là một cậu bé người Ukraine 13 tuổi. Nói cách khác, ngôn ngữ (tiếng Anh) được sử dụng bởi máy tính còn xa mới đạt tới mức hoàn hảo. Những lỗi lầm vụng về của nó đã được những người đối thoại với nó tha thứ, cũng như cách mà chúng ta tự nhiên thừa nhận lỗi của người nước ngoài, đặc biệt là trẻ em, những người đang không nói chuyện bằng tiếng mẹ đẻ của họ.

Câu hỏi hiển nhiên, ở đây, là 'Vậy thì sao?' Giả sử rằng một ngày nào đó, một chương trình AI vượt qua Phép thử Turing một ngày – hoặc đúng ra là Phép thử Toàn diện Turing, trong đó một rô-bốt có giác quan vận

động giống như con người. Việc đó sẽ chứng minh điều gì? Phải chăng là một số máy tính thực sự có thể *suy nghĩ*? Phải chăng điều đó thể hiện rằng một số máy tính có thể thực sự *có ý thức*?

'Nhận thức' là một khái niệm mơ hồ. Nhưng người ta có thể phân biệt giữa nhận thức *chức năng* và nhận thức *hiện tượng*. Nhận thức chức năng này bao gồm một loạt các khác biệt tâm lý như: tỉnh táo/mơ ngủ, cố ý/vô ý, chú ý/không chú ý, có thể tiếp cận/không thể tiếp cận, có thể báo cáo/không thể báo cáo, trầm tư/vô tư,...

Những cặp tương phản này là những cặp chức năng. Có lý do chính đáng để tin rằng có thể hiểu chúng bằng các thuật ngữ xử lý thông tin và do đó có thể được mô hình hóa trong các máy tính. (Mô hình nhận thức máy thú vị nhất hiện nay là LIDA, nó giải quyết những khác biệt được liệt kê trên đây – và dựa trên một lý thuyết về chức năng não bộ được chấp nhận rộng rãi.) Vì vậy, một số hệ thống AI trong tương lai có thể có ý thức theo nghĩa đó. Ví dụ, có thể coi một rô-bốt vượt qua Phép thử Turing biết lập kế hoạch và suy nghĩ.

Nhận thức hiện tượng, hoặc *qualia* (chẳng hạn như cơn đau hoặc cảm nhận màu đỏ), thì lại rất khác. Sự tồn tại của nó, trong vũ trụ vật chất này, là một câu đố siêu hình nổi tiếng. Việc giải thích nhận thức hiện tượng đôi khi được gọi là 'bài toán khó' (the hard problem) bởi vì việc diễn giải nó còn khó hơn rất nhiều so với việc giải thích cách thức hoạt động của nhận thức chức năng.

Nhiều giải pháp mang tính lý thuyết, có vẻ như điên

rồ, đã được đề ra để giải thích qualia. Một số trong đó xem nhận thức hiện tượng như là một tính chất không thể đơn giản hóa của vũ trụ, tương tự như khối lượng hoặc năng lượng. (Tất nhiên, điều này cũng chẳng giúp giải quyết được vấn đề!) Những lý thuyết khác lại thiên về vật lý lượng tử, sử dụng một bí ẩn vẫn còn chưa được hiểu rõ để cố gắng giải quyết một bí ẩn khác. Và cũng có những người chỉ đơn giản giơ hai tay lên trời trong tuyệt vọng. Một nhà triết học nổi tiếng đã tuyên bố rằng con người không những không 'hiểu được ý tưởng đơn giản nhất về cách thức vật chất có thể nhận thức' mà còn 'không thể biết được rằng hiểu được ý tưởng đơn giản về cách thức vật chất có thể có nhận thức *là như thế nào*'. Tóm lại, chủ đề này là một bí ẩn triết học vô cùng hóc búa.

Nếu nhận thức hiện tượng là một bí ẩn sâu xa trong con người, chúng ta sẽ không thể phán xét liệu một số hệ thống AI trong tương lai có thể sở hữu nó hay không. Phải, gợi ý này có vẻ thật lố với bạn. Chắc chắn tôi cảm thấy nó vô lý. Nhưng đó chỉ đơn giản là phán đoán trực giác thiếu căn cứ, chứ không phải là một kết luận với cơ sở rõ ràng.

Hầu hết các nhà khoa học AI – ví dụ các lập trình viên LIDA – thường bỏ qua nhận thức hiện tượng. Họ nhận ra rằng nó quá khó. Nhưng một số nhà triết học bị ảnh hưởng bởi AI đã phân tích nó bằng các thuật ngữ xử lý thông tin.

Theo đó, qualia là các trạng thái tính toán bên trong – trong chương trình, hoặc 'máy ảo' – gắn trong

não bộ. Các trạng thái này có thể có tác động nhân quả đối với hành vi (ví dụ, biểu hiện khuôn mặt một cách vô ý). Chúng cũng có thể gây thay đổi trong các khía cạnh khác của việc xử lý thông tin trong não bộ (ví dụ, lập kế hoạch trả thù, nếu ai đó làm bạn đau). Chúng chỉ có thể tồn tại trong các hệ thống máy tính có sự phức tạp đáng kể về cấu trúc. (Do đó loài ốc chẳng hạn, sẽ không thể có chúng.) Chúng chỉ có thể được truy cập từ một số phần trong hệ thống có liên quan. Hơn nữa, chúng không phải lúc nào cũng có thể được mô tả – nhờ mức độ trí tuệ cao hơn và tự chủ hơn – bằng lời nói, do đó chúng 'trừu tượng.' Tóm lại: 'Bạn không thể cảm nhận được cảm nhận về màu đỏ *của tôi*. Và tôi cũng chẳng thể *tả* nó cho bạn (hoặc cho chính tôi đây).'

Nếu quan niệm qualia này là đúng, thì một số hệ thống AI trong tương lai có thể có nhận thức hiện tượng. Tóm lại, đối với câu hỏi này, hội đồng vẫn chưa tìm được câu trả lời.

Hội đồng cũng chưa nhất trí về câu hỏi liệu AI *có là* – hay chính xác hơn, *sẽ là* – một Điều Tốt hay không. Những người ủng hộ Điểm Kỳ dị được đề cập trên đây đã trả lời với một từ 'có' vang dội. Ngay cả với những người còn hoài nghi về Điểm Kỳ dị (như bản thân tôi) cũng phải thừa nhận rằng AI ngày nay rất hữu dụng trong nhiều mục đích – và điều này sẽ còn đúng hơn trong tương lai. Điều đó là gần như chắc chắn.

Trong chừng mực đó thì nhãn 'Điều Tốt' có vẻ đúng.

Tuy nhiên, vẫn có những khía cạnh đáng lo ngại đối với tương lai của AI – một số trong đó cần phải được suy nghĩ nghiêm túc. Một ví dụ rõ ràng là mối đe dọa đối với việc làm: không chỉ riêng số lượng công việc (công việc trí óc lẫn công việc tay chân) mà còn là khía cạnh kỹ năng khi những công đoạn đơn giản và mang tính lặp lại sẽ bị máy móc chiếm mất. Lý tưởng nhất, công ăn việc làm sẽ được tái cơ cấu để con người làm việc cùng với máy móc: con người sẽ làm những gì chỉ họ mới có thể làm, và phần còn lại được AI thực hiện. Mặc dù vậy, những người chuyên làm các công việc nhàm chán sẽ thấy rằng rất khó để xin việc. Chắc chắn một số công việc mới sẽ được tạo ra. Nhưng chúng có lẽ sẽ đòi hỏi trình độ giáo dục vượt xa những gì có thể tiếp cận đối với mọi người, ngay cả trong các xã hội tiên tiến nhất.

Một số người có thể cho rằng việc làm không quan trọng. Các gói tiền lương, họ nói, sẽ được thay thế bằng 'thu nhập cơ bản phổ quát' được phân phối cho mọi người như một quyền công dân. (Các phiên bản thử nghiệm đang được áp dụng hoặc lên kế hoạch áp dụng ở nhiều quốc gia khác nhau.) Nhưng việc đó cũng là vấn đề. Đâu là nguồn thuế chi trả cho hình thức phúc lợi xã hội lớn như vậy? Và người ta sẽ làm gì với rất nhiều thời gian rảnh rỗi? Các nhà tâm lý học xã hội đã chỉ ra rằng việc có một công việc, thậm chí là một công việc tay chân, cũng đem lại nhiều thứ hơn là tiền.

Một ví dụ khác, đúng hơn là nhiều ví dụ khác, có liên quan đến quân đội. Máy bay không người lái tiến

hành thả bom nhưng các mục tiêu là do con người lựa chọn. Một tương lai ác mộng sẽ là tương lai những chiếc máy bay tự động hoàn toàn tự động, với những mục tiêu do máy móc lựa chọn. Vấn đề này sẽ được thảo luận trong bài viết của Noel Sharkey (Chương 15).

Ngoài ra, có một loạt các ví dụ về việc AI ngày nay được áp dụng trong các hoạt động liên quan đến giao tiếp trực diện cần tới sự đồng cảm giữa con người. Một khoản tiền đáng kể đang được đổ vào các nghiên cứu về 'y tá máy tính', 'bạn bè máy tính' và 'rô-bốt vú em'.

Nếu một vú em rô-bốt chỉ đơn thuần là một hệ thống theo dõi các hình mẫu khóc hay ngủ ở trẻ sơ sinh, và đưa ra cảnh báo phù hợp cho người chăm sóc, thì cũng tốt thôi. Nhưng nếu nó đồng thời là một hệ thống dùng ngôn ngữ tự nhiên được mong đợi sẽ giúp giải trí và giáo dục trẻ sơ sinh, thì không tốt đến thế đâu. Ngay cả việc xem *Bambi* với đứa trẻ cũng có thể gây hoang mang: vú em rô-bốt nên nói gì khi mẹ của Bambi bị bắn chết?

Tương tự, nếu các viện dưỡng lão trong tương lai sử dụng các hệ thống AI (trên màn hình hoặc qua rô-bốt) để thực hiện những nhiệm vụ hỗ trợ người cao tuổi, thì đó là việc tốt. Nhưng việc trao đổi chuyện trò với họ, và làm dấy lên những kỷ niệm đầy cảm xúc, thì có thể gây hại nhiều hơn là tốt. (Tất nhiên, trong một thế giới lý tưởng, các ứng dụng AI đó thậm chí còn không được xem xét. Những điều dưỡng con người chuyên nghiệp sẽ được trả lương và tôn trọng, hơn rất nhiều so với hiện

nay – và bạn bè cùng người thân của người già sẽ chấp nhận khó khăn để đến thăm họ. Nhưng bạn có chờ được tới khi đó không?)

Một số nhóm nghiên cứu trên toàn thế giới đang suy nghĩ về những vấn đề đầy biến động ấy ngay lúc này, và cố gắng tìm những cách thức thực tiễn để phòng ngừa, cải thiện và điều chỉnh chúng. Chẳng hạn, một ủy ban quốc tế do một nhà khoa học rô-bốt chủ trì đang theo dõi – và tư vấn về – sự phát triển rô-bốt (ví dụ máy bay không người lái) cho quân đội. Những nhóm khác bao gồm các chuyên gia AI và các nhà hoạch định chính sách của chính phủ đang theo dõi việc sử dụng Dữ liệu Lớn trong nhiều lĩnh vực khác nhau, chẳng hạn như các vấn đề xung quanh việc vi phạm quyền riêng tư cá nhân.

Tóm lại, những thay đổi lớn đang chờ chúng ta phía trước. Nhiều thành tựu AI sẽ cải thiện đáng kể đời sống của chúng ta. Nhưng số khác có thể gây ra những hậu quả không mong muốn (dù đôi khi có thể đoán trước được) đe dọa nhiều khía cạnh quan trọng của cuộc sống con người. Nghiên cứu về AI không nên được hoàn toàn tự do[1]!

1. Tức là cần phải được giám sát

11

Điện toán lượng tử

Winfried K. Hensinger

Khi tôi còn là một cậu nhóc vào những năm 1980, máy tính thông thường chỉ mới bắt đầu trở nên phổ biến. Sự thật là tôi đã học kỹ năng đánh máy nhờ vào máy đánh chữ cơ học, và cuộc sống hồi ấy nói chung là khác – chẳng có máy bán vé điện tử tại các trạm tàu, chẳng có Internet lẫn điện thoại thông minh. Thực tế, các công việc thường không phụ thuộc vào sự hiện diện của máy tính, và nhiều thứ mà ngày nay chúng ta không thể thiếu thì khi ấy chỉ đơn giản là không tồn tại. Máy tính thông thường đã ảnh hưởng đến gần như tất cả các khía cạnh của cuộc sống và ta chẳng thể tưởng tượng nổi một cuộc sống không có chúng. Các nhà khoa học và chính trị gia đã đặt ra một thuật ngữ để mô tả thứ công nghệ thay đổi tất cả cuộc sống của chúng ta: họ gọi nó là 'công nghệ đột phá.' Thuật ngữ này được sử dụng vì tiềm năng của một thứ công nghệ trong việc biến đổi cuộc sống của chúng ta một cách đáng kể, đột ngột và sâu rộng. Trong vòng 10 đến 20 năm tới, tôi tin rằng chúng ta sẽ được chứng kiến sự xuất hiện của một công nghệ đột phá khác – điện toán lượng tử.

Trước hết cần phải làm rõ: máy tính lượng tử không đơn thuần là loại máy tính xử lý siêu nhanh. Thật ra chúng cũng chẳng có mấy liên hệ với các máy tính thông thường và có lẽ cũng sẽ không được sử dụng để giải quyết những nhiệm vụ mà con người đang dùng máy tính thông thường. Ngược lại, máy tính lượng tử có thể cho phép giải quyết một số vấn đề nhất định mà chúng ta thậm chí chưa bao giờ nghĩ rằng có thể giải quyết được: một lớp những bài toán có thể khiến ngay cả những siêu máy tính nhanh nhất cũng phải mất tới hàng tỉ năm mới giải được. Máy tính lượng tử có khả năng đem đến cho chúng ta những tính năng hoàn toàn mới, và bởi thế thay đổi cuộc sống của chúng ta theo những cách không thể ngờ. Để đánh giá những tính năng này, cũng như hình dung về cách thức mà chúng sẽ thay đổi cuộc sống của chúng ta, tốt nhất nên bắt đầu từ đầu và mô tả những nguyên tắc hoạt động thực sự của một máy tính lượng tử. Bật mí nhé, nó có thể liên quan đôi chút đến vật lý lượng tử.

Nói ngắn gọn thì vật lý lượng tử là một lý thuyết dùng giải thích thế giới xung quanh chúng ta. Tuy nhiên, nó là một lý thuyết khá kỳ lạ. Đầu tiên, nó giả định rằng một vật có thể ở hai nơi khác nhau cùng một lúc. Phải, bạn không nghe nhầm đâu! Về nguyên tắc thì vật lý lượng tử cho phép tôi ngồi trên bàn làm việc ở Brighton, Anh để viết chương sách này trong khi đồng thời đang đi bơi trên một bãi biển ở Florida. Đáng tiếc là chuyện này không xảy ra với các đối tượng rất lớn như

con người (ngay lúc này đây, tôi ước gì nó có thể). Tuy nhiên, người ta thường xuyên quan sát thấy hiện tượng này trong phòng thí nghiệm khi nghiên cứu động thái của các nguyên tử riêng lẻ. Thật vậy, một nguyên tử có thể ở hai vị trí riêng biệt cùng một lúc. Hiện tượng này được gọi là 'chồng chất'. Các nhà vật lý đã choáng váng trước dự đoán kỳ lạ này của vật lý lượng tử và đã đưa ra nhiều thí nghiệm nhằm cố gắng bác bỏ nó. Tuy nhiên, thí nghiệm nào cũng cho thấy rằng điều này có thể và thực sự xảy ra.

Để tôi kể bạn nghe một câu chuyện kỳ quặc về lượng tử trong sự nghiệp khoa học của chính tôi. Một nhà vật lý lượng tử tên là Gerard Milburn đã dự đoán rằng có thể làm cho một nguyên tử đồng thời di chuyển về phía trước và về phía sau. Để hiểu được ý tưởng đằng sau điều này, hãy tưởng tượng bạn đang cố gắng ra khỏi một chỗ đậu xe siêu chật hẹp. Thay vì chạy về phía trước và tông luôn vào chiếc xe trước mặt bạn rồi lùi lại và tiếp tục tông vào chiếc xe phía sau bạn, thì bạn lại đang tông vào cả chiếc xe phía trước lẫn chiếc xe phía sau – cùng một lúc! Ý tưởng này hoàn toàn cuốn hút tôi khi còn trẻ, vì vậy đó chính là thí nghiệm mà tôi muốn thử khi bắt đầu sự nghiệp khoa học của mình. Sau rất nhiều nỗ lực và nhiều đêm dài trong phòng thí nghiệm trong suốt thời gian khoảng ba năm, cuối cùng nhóm của tôi cũng quan sát được hiện tượng đó – một nguyên tử cùng lúc di chuyển lên phía trước và xuống phía sau – một ví dụ về sự chồng chất lượng tử.

Và như thể sự chồng chất còn chưa đủ lạ lùng, mọi thứ thậm chí còn kỳ quặc hơn thế nữa! Còn có một hiện tượng khác, gọi là 'liên đới' thậm chí còn kỳ lạ hơn. Thật ra cách chính xác duy nhất để giải thích liên đới lượng tử là thông qua các phương trình toán học. Tuy nhiên hãy cứ thử sử dụng một mô tả đơn giản hóa rất nhiều của nó. Có thể khiến hai đối tượng lượng tử, chẳng hạn hai nguyên tử, liên đới với nhau, và nếu tôi làm gì đó với một trong hai nguyên tử này thì ngay lập tức nguyên tử còn lại sẽ bị ảnh hưởng, ngay cả khi nó ở rất xa và chẳng tài nào kết nối với nguyên tử thứ nhất. Einstein đã từng rất khó chịu với đặc điểm này của vật lý lượng tử. Ông gọi nó là những thí nghiệm ma quái và thậm chí còn đề xuất những thí nghiệm để phản bác lại nó. Các nhà vật lý đã thực hiện nhiều thí nghiệm kiểu vậy suốt 60 năm qua, liên tục tinh chỉnh chúng và cố gắng tìm hiểu mọi loại lỗ hổng có thể tưởng tượng ra. Ấy vậy mà, kết quả lúc nào cũng giống nhau: vật lý lượng tử đã đúng, và những hiện tượng kỳ lạ như sự chồng chất và liên đới thực sự xảy ra.

Trong khi một số nhà vật lý vẫn đang cố gắng hiểu tính chất kỳ lạ của vật lý lượng tử, nhiều người khác chọn cách chấp nhận nó và bắt tay vào một thách thức mới. Họ đặt ra câu hỏi, liệu có thể khai thác những hiệu ứng này để xây dựng các công nghệ hoàn toàn mới dựa trên những giả định kỳ lạ của vật lý lượng tử hay không? Có rất nhiều ý tưởng, chẳng hạn như khả năng tạo ra một thế hệ cảm biến mới có thể phát hiện trường điện

từ với độ chính xác chưa từng thấy, hoặc thậm chí là đo trọng lực (ví dụ, để phát hiện các đường ống ngầm). Các ứng dụng khác bao gồm mật mã lượng tử, cho phép chúng ta giao tiếp một cách an toàn và bảo mật, khi biết rằng các định luật vật lý đang bảo vệ thông tin liên lạc khỏi bị nghe lén.

Tất cả những công nghệ siêu thú vị này đều có tiềm năng tác động đáng kể đến cuộc sống của chúng ta. Tuy nhiên, theo tôi thì công nghệ có bước thay đổi quan trọng nhất (và khó nhận ra nhất) là điện toán lượng tử. Hãy cho phép tôi được giải thích lý do tại sao nó lại là một thứ máy móc mới và mạnh mẽ đến thế.

Cơ học lượng tử giải thích cho chúng ta cách thức các nguyên tử hoạt động và tương tác với nhau để sinh ra tất cả các đặc điểm của vật chất trong vũ trụ, chẳng hạn như màu sắc của một vật thể, sức mạnh của nó, cách thức nó tiêu thụ nhiệt và điện. Lý thuyết này cũng giải thích động thái của các nguyên tử trong cơ thể của chúng ta, để từ đó lý giải tại sao chúng ta thấy, ngửi và trải nghiệm thế giới xung quanh mình. Đó là một lý thuyết cực kỳ mạnh mẽ.

Nhưng có một vấn đề lớn ở đây: rất khó để dự đoán và tính toán các quá trình cơ học lượng tử bằng cách sử dụng các máy tính thông thường. Thật vậy, việc giải quyết chính xác gần như bất kỳ vấn đề cơ học lượng tử nào đều bất khả thi, ngay cả đối với những máy tính thông thường mạnh mẽ nhất, vì vật lý lượng tử đòi hỏi khả năng tính toán siêu mạnh. Máy tính thông thường

sẽ phải mất hàng tỉ năm để tìm ra giải pháp cho những vấn đề thực sự thú vị cần được tính toán. Có thể tóm tắt công việc của phần lớn các nhà khoa học trên khắp thế giới ngày nay là tạo ra các mô hình đơn giản hóa quá trình lượng tử để chúng ta có thể tính toán được chúng trên một máy tính thông thường. Tuy nhiên, so với việc giải quyết những vấn đề lượng tử chính xác, các phép tính đơn giản không thể tránh khỏi này không thể luôn mô hình hóa những quá trình kia một cách chính xác. Điều này có nghĩa là chúng ta đang bỏ lỡ những cơ hội to lớn nhiều khả năng sẽ cho phép tạo ra các loại dược phẩm mới, vật liệu mới, hiểu được sự gấp nếp protein, kiểm soát các quy trình trong sinh học, cũng như nhiều ứng dụng khác. Một máy tính lượng tử có thể giải quyết các vấn đề kiểu như vậy vì nó trực tiếp dựa vào các đặc điểm kỳ lạ của cơ học lượng tử, và nhờ đó, có khả năng mô phỏng chính xác các hệ thống phức tạp dựa trên vật lý lượng tử! Chúng ta chỉ mới bắt đầu nhận ra một số hệ quả đột phá mà việc sử dụng máy tính lượng tử sẽ mang lại. Liệu chúng ta đã xác định được kết quả đột phá nhất của việc sử dụng máy tính lượng tử nhằm tìm hiểu và kiểm soát các hệ thống vật lý khác? Đáng tiếc, câu trả lời là chưa. Tất cả những gì chúng ta có thể làm là ức đoán. Tuy nhiên, vì tất cả các hệ thống vật lý và các tính chất khác nhau của chúng đều có thể được giải thích bằng vật lý lượng tử, bạn không cần phải có bằng tiến sĩ vật lý thì mới nhận ra rằng cơ hội là vô tận. Thật vậy, bản thân việc sử dụng máy tính lượng tử để hiểu thực tại đã

là một cách tiếp cận chưa từng có, và chỉ riêng việc đó cũng có thể thay đổi đáng kể sự hiểu biết của chúng ta về vũ trụ và có lẽ là cả sự sống.

Điều này nghe mới thú vị làm sao. Tuy nhiên, điện toán lượng tử còn có một ứng dụng thứ hai cũng có thể có ảnh hưởng đáng kể đến cuộc sống con người. Để hiểu được điều này, tốt nhất nên bắt đầu giải thích về máy tính thông thường. Khả năng tính toán của máy tính thông thường đã liên tục tăng lên đều đặn trong vòng 30 năm qua, xấp xỉ lên gấp đôi cứ mỗi 18 tháng, theo một quan hệ được gọi là Định luật Moore. Thành tựu này đạt được bằng cách thu nhỏ các bóng bán dẫn tạo nên bộ vi xử lý bên trong máy tính. Có vẻ như đây là một sự cải tiến liên tục cực kỳ ấn tượng của sức mạnh tính toán. Tuy nhiên một số vấn đề phức tạp đến nỗi các máy tính tốt nhất hiện có vẫn sẽ phải mất rất lâu để tính được câu trả lời đúng. Ví dụ cho những vấn đề này có thể là dự đoán chính xác thời tiết, hoặc lựa chọn đầu tư thông minh nhất có thể trên thị trường chứng khoán để tối đa hóa lợi nhuận. Một ứng dụng khác có thể là tính toán tuyến đường nhanh nhất để một công ty chuyển phát nhanh có thể giao được nhiều hàng hóa nhất trong một chuyến đi. Quy mô của các vấn đề này càng tăng (chẳng hạn như số lượng hàng hóa bắt buộc phải giao hay phạm vi dự báo thời tiết), số lượng tham số cần thiết để mô hình hóa chúng cũng vậy. Do đó, các máy tính thông thường sẽ phải rất chật vật để hoàn thành việc tính toán đòi hỏi số lượng cực lớn các nguồn tài nguyên tính toán.

Tuy nhiên, máy tính lượng tử có thể chính là giải pháp. Trong một máy tính thông thường (mà tôi gọi là một máy tính truyền thống để phân biệt với máy tính lượng tử), thông tin được mã hóa theo các bit nhị phân, với mỗi bit tương ứng là 0 hoặc 1. Một chuỗi các bit sẽ đại diện cho thông tin cần được bộ vi xử lý tính toán, chẳng hạn như một con số nào đó. Hãy lấy ví dụ là hai bit. Chúng ta có thể viết vào máy tính của mình bất kỳ tổ hợp nào của hai bit, bạn có thể chọn 01 (số nhị phân 'một') và 10 (số nhị phân 'hai'). Hai số này sau đó được gửi đến bộ xử lý và được cộng lại. Khi đáp án được tính xong, chúng ta sẽ ghi số tiếp theo vào bộ nhớ hai bit của mình, trong trường hợp này, 11 (đại diện cho số 'ba'), sau đó nó sẽ được sử dụng trong chuỗi tính toán để tìm ra câu trả lời tiếp theo. Hoạt động của máy tính truyền thống được định nghĩa bằng những tính toán được thực hiện tuần tự, cái sau cái kia. Tuy nhiên, một máy tính lượng tử có thể sử dụng nguyên lý chồng chất. Điều này có nghĩa là hai bit lượng tử có thể đồng thời chứa tất cả các kết hợp hai bit, cụ thể là bốn số 0, 1, 2, 3 (được viết dưới dạng nhị phân là 00, 01, 10 và 11)! Và bên trong bộ vi xử lý lượng tử, tất cả các tính toán được thực hiện cùng một lúc! Thật ra, một trong những giải thích của vật lý lượng tử, người ta lập luận rằng những tính toán này thực sự đã được thực hiện trong các vũ trụ song song. Nếu so sánh hai bit với hai bit lượng tử, có vẻ như khác biệt giữa máy tính truyền thống và máy tính lượng tử không đáng kể

(tức là, bốn số được tính trong một máy tính lượng tử thay vì chỉ một số trong một máy tính thông thường). Tuy nhiên, với số lượng bit càng lớn, khác biệt sẽ tăng nhanh chóng. Mười bit lượng tử có thể chứa cùng lúc 1024 số khác nhau, trong khi một trăm bit lượng tử có thể chứa 1267650600228230000000000000000 số khác nhau – tất cả cùng một lúc. Trong khi một máy tính lượng tử có thể tính toán đồng thời tất cả những số này, một máy tính truyền thống sẽ phải tính lần lượt từng số. Bây giờ thì tôi tin bạn đã hiểu tại sao các máy tính lượng tử lại mạnh đến thế.

Tuy nhiên, tôi có một cảnh báo quan trọng cho bạn. Trong khi máy tính lượng tử có thể thực hiện tất cả các tính toán này cùng một lúc, thì bạn cũng không thể đọc được tất cả các câu trả lời; sự thật là người ta chỉ có thể đọc một câu trả lời mà thôi. Tuy nhiên, có một cách để vượt qua hạn chế này. Bạn có thể đảm bảo rằng câu trả lời này phụ thuộc vào tất cả các tính toán – rằng nó thực sự sử dụng tất cả chúng. Vì vậy, để tận dụng những cơ hội của các máy tính lượng tử, chúng ta cần tập trung vào các vấn đề mà chúng ta quan tâm tới một đáp án phụ thuộc vào rất nhiều phép tính hoặc nhiều hoạt động riêng lẻ. Tìm kiếm trong cơ sở dữ liệu cũng là cả một vấn đề. Hãy tưởng tượng bạn đang cố gắng tìm tên của một người từ số điện thoại của họ, bằng cách sử dụng danh bạ điện thoại. Trung bình thì bạn sẽ phải đọc đến nửa cuốn danh bạ trước khi tìm thấy cái tên mong muốn. Đôi khi bạn có thể may mắn tìm

thấy ngay, lần khác sẽ tệ hơn khi bạn phải đọc gần hết danh bạ, nhưng trung bình – sau nhiều lần tìm kiếm với nhiều tên khác nhau – bạn sẽ phải đọc một nửa số điện thoại trong cuốn danh bạ. Đây chính xác là loại vấn đề mà một máy tính lượng tử có thể giải quyết một cách tuyệt vời, và sự thật là các thuật toán tìm kiếm nằm trong số những ứng dụng mà máy tính lượng tử được chứng minh là có khả năng xử lý nhanh hơn đáng kể so với các máy tính truyền thống. Việc viết ra các thuật toán phù hợp để sử dụng trong máy tính lượng tử là một lĩnh vực nghiên cứu mới nổi gần đây và chúng ta chỉ mới ở bước đầu. Thật đáng khích lệ khi rất nhiều thuật toán rất mạnh đã được tìm thấy (bạn hãy thử xem trang web NIST Quantum Algorithm Zoo để biết thêm về danh sách các thuật toán lượng tử hiện đó).

Thế thì bạn làm thế nào để có thể bắt đầu thực sự chế tạo một máy tính lượng tử? Thật không may, điều này khó tới mức không thể tin nổi, và suốt hàng chục năm qua, các nhà khoa học thậm chí cảm thấy nó là điều bất khả thi. Tuy nhiên, với hàng loạt đột phá trong những năm gần đây, quan điểm này đã thay đổi. Tôi nghĩ cũng hợp lý khi nói rằng từ những gì chúng ta đã biết, việc chế tạo một máy tính lượng tử với công nghệ hiện tại là hoàn toàn có thể. Tuy nhiên, khi xét đến các kỹ thuật cần thiết, quá trình này có thể phức tạp và tham vọng hệt như đưa tàu vũ trụ có người lái đến Hỏa Tinh. Thế nhưng, hãy cứ thử xem xét kỹ hơn những gì thực sự cần thiết.

Thành phần quan trọng nhất là một hệ thống vật lý thể hiện các hiệu ứng lượng tử, vì ta sẽ cần đến các hiệu ứng chồng chất và liên đới lượng tử để máy tính có thể hoạt động. Tin tốt là chúng ta có khả năng linh hoạt, bởi bất kỳ hệ thống vật lý nào, về nguyên tắc, cũng đều thể hiện các hiệu ứng lượng tử. Thật vậy, trong hình dung đầu tiên về các máy tính lượng tử, các nhà khoa học đã đề xuất vô vàn các hệ thống vật lý có thể được sử dụng. Danh sách này bao gồm các tấm silicon với những nguyên tử của các nguyên tố khác tạo thành tạp chất trên bề mặt từ đó hình thành các bit lượng tử đơn, hoặc các electron riêng lẻ trôi trong helium, hoặc các nguyên tử được tích điện (ion), mạch siêu dẫn, photon và nhiều hệ thống khác. Vô số ý tưởng đã được đề cập.

Trong khi tất cả các hệ thống này chắc chắn đều thể hiện các hiệu ứng lượng tử, khó khăn nằm ở khả năng hoàn toàn kiểm soát chúng – khiến chúng hoạt động theo yêu cầu. Các nhà vật lý đã rất quen thuộc với việc quan sát các hiện tượng kỳ lạ được cơ học lượng tử tiên đoán, nhưng việc kiểm soát chúng vẫn cực kỳ khó. Một phần là vì bất kỳ tương tác không mong muốn nào cũng sẽ ngay lập tức phá hủy các hiệu ứng này (đây là lý do chúng ta không thấy các vật thể lớn hơn, chẳng hạn như con người, ở hai nơi khác nhau cùng một lúc). Trong khi nhiều hệ thống vật lý vẫn còn đang được nghiên cứu và có thể trở thành nền tảng tuyệt vời cho các máy tính lượng tử trong tương lai, hai ứng viên hàng đầu đã xuất

hiện với những bước tiến ấn tượng – quá ấn tượng tới mức giờ đây ta tin rằng thực sự có thể xây dựng một máy tính lượng tử kích thước lớn.

Một trong hai ứng viên sử dụng hiện tượng lượng tử được gọi là 'siêu dẫn', trong đó để máy tính lượng tử hoạt động thì nó phải được làm lạnh đến gần độ không tuyệt đối (-460^{0}F tương đương -273^{0}C). Điều này có thể được thực hiện dễ dàng chỉ với một vài qubit (bit lượng tử), nhưng kỹ thuật trở nên khó khăn hơn đáng kể khi hàng tỉ qubit tham gia.

Ứng viên còn lại, và hệ thống vật lý với các thông số kỹ thuật tốt nhất đạt được cho đến nay, là bẫy ion (ion là nguyên tử được tích điện). Nó cho phép máy tính lượng tử có thể hoạt động ở nhiệt độ phòng hoặc chỉ đòi hỏi được làm mát tương đối 'nhẹ nhàng' (ở -321^{0}F hay -196^{0}C, nhiệt độ mà tại đó khí nitơ hóa lỏng). Chỉ một vài tháng trước, nhóm nghiên cứu của tôi tại Đại học Sussex, với sự giúp đỡ của một số nhà khoa học hàng đầu từ Google, Đại học Aarhus, RIKEN từ Nhật và Đại học Siegen, đã công bố bản kế hoạch đầu tiên nhằm xây dựng một máy tính lượng tử kích thước lớn sử dụng các bẫy ion. Và chúng tôi đang trong quá trình thực sự chế tạo thiết bị này tại Đại học Sussex.

Vậy hãy cùng thảo luận về cách có thể dựng một máy tính lượng tử bằng bẫy ion. Mỗi ion tạo thành một bit lượng tử. Các ion bị bẫy lại trong một môi trường chân không cực tốt để đảm bảo rằng các nguyên tử đại diện cho các bit lượng tử sẽ không va chạm hoặc

tương tác với bất kỳ nguyên tử nào khác nằm đâu đó trong cùng hệ thống. Các ion này được giữ ở vị trí của chúng nhờ điện trường được phát ra từ các điện cực nằm trên các vi mạch được thiết kế đặc biệt. Các điện cực trên những vi mạch như vậy tạo nên các mảng giao nhau, tựa một mê cung lớn, với bản chất giống như trò PACMAN, theo đó các ion có thể được vận chuyển bằng cách thay đổi điện áp trên các điện cực này. Các ion được di chuyển trên bề mặt bảng mạch, đi từ các vùng bộ nhớ đến các vùng cổng lượng tử, nơi các cổng lượng tử lô-gích (chính là các phép tính) được thực hiện. Theo truyền thống thì các cổng lượng tử như vậy phải được xác thực bằng cách sử dụng các chùm tia la-de riêng lẻ được căn chỉnh với độ chính xác đến từng micrômét. Số lượng chùm tia la-de cũng nhiều gần bằng số lượng bit lượng tử cần thiết cho phép tính – tức là có thể lên đến hàng tỉ. Trong khi việc áp dụng kỹ thuật này cho một số ít các ion đã được chứng minh, nhưng hãy hình dung xem một máy tính lượng tử sẽ phải được thiết kế như thế nào để lưu trữ hàng tỉ cặp chùm la-de như vậy nhằm phục vụ cho hàng tỉ ion.

May mắn thay, gần đây chúng ta đã phát minh ra một cách tiếp cận mới, thay thế tất cả các chùm la-de bằng các điện áp trên một vi mạch. Điều này làm giảm đáng kể khó khăn của việc xây dựng một máy tính lượng tử kích thước lớn. Trong kế hoạch chi tiết để xây dựng một máy tính lượng tử kích thước lớn, nhóm của tôi hướng tới việc cung cấp một cái nhìn tổng quan về

tất cả các nhiệm vụ kỹ thuật cần thiết. Để không phải phụ thuộc vào những đột phá vật lý trong tương lai, và để có thể tự tin rằng giờ đây chúng ta có thể xây dựng một máy tính lượng tử kích thước lớn, cỗ máy mà tôi và các đồng nghiệp hình dung sẽ không hẳn là tối ưu nhất; nó sẽ rất lớn (với kích thước của một tòa nhà hoặc thậm chí có thể là một sân bóng đá), rất tốn kém, và có thể mất khoảng 10–15 năm để dựng. Tuy nhiên, không có những trở ngại vật lý cơ bản nào ngăn cản chúng ta xây dựng một cỗ máy như vậy. Từ tất cả các lý do đó, câu chuyện trở nên hiển nhiên rằng chúng ta vẫn chưa đi đến đâu trong việc tạo ra các máy tính lượng tử nhỏ gọn để sử dụng trong nhà. Tuy nhiên, điều đó có lẽ không thực sự quan trọng. Xét cho cùng, các máy tính thông thường đầu tiên cũng không hề nhỏ; chúng cũng lấp đầy cả một tòa nhà. Trong thời đại Điện toán Đám mây, sẽ có lý hơn nếu ta có một chiếc máy tính lượng tử ở vị trí trung tâm và người dùng truy cập nó từ xa để chạy một phép tính nào đó.

Vậy giờ đây chúng ta đang ở giai đoạn nào trong việc thương mại hóa máy tính lượng tử? Một công ty của Canada, D-Wave, đã có bước tiến táo bạo khi tiếp thị công nghệ của họ là máy tính lượng tử. Điều này đã khiến nhiều nhà vật lý hoài nghi. Các nghiên cứu gần đây dường như xác nhận rằng các quá trình lượng tử thực sự đóng một vai trò nào đó trong cách hoạt động của máy D-Wave. Tuy nhiên, tôi chưa thấy bất kỳ bằng chứng nào cho thấy những cỗ máy này sẽ có khả năng

trở thành các máy tính lượng tử phổ quát – theo nghĩa là chúng sẽ có khả năng thực hiện đầy đủ các ứng dụng được hình dung cho một máy tính lượng tử phổ quát. Điều này là do các bit lượng tử được sử dụng bên trong máy D–Wave không có các khả năng giống như, ví dụ, các bit lượng tử trong một máy tính lượng tử bẫy ion. Các máy D–Wave chỉ có thể được coi là máy tính dành cho mục đích đặc biệt, chứ không có sự linh hoạt để phát triển trở thành một máy tính lượng tử phổ quát. Mặc dù chuyện nghe thật không mấy ấn tượng nhưng vẫn có thể có một số ứng dụng thú vị cho cỗ máy này.

Việc xây dựng một máy tính lượng tử phổ quát quy mô lớn được xem như một trong những chén thánh của khoa học. Song song với đó, nhiều công ty lớn đã quan tâm đến việc phát triển điện toán lượng tử, nhận ra rằng sự cạnh tranh với công nghệ này có thể rất quan trọng cho sự sống còn của họ – một vài cái tên có thể kể đến là IBM, Google và Microsoft, cũng như một số liên doanh khởi nghiệp như IonQ. Ngoài ra cũng có một số trường đại học đang nghiên cứu việc xây dựng và thương mại hóa các máy tính lượng tử. Công bằng mà nói thì hầu hết các rào cản cơ bản được biết đến trong xây dựng máy tính lượng tử giờ đây đã được gỡ bỏ. Tuy nhiên, kỹ thuật để xây dựng nó vẫn còn khá thách thức, vì vậy các máy tính lượng tử quy mô lớn đầu tiên vẫn còn cách chúng ta một hoặc hai thập niên nữa, và chắc chắn chúng ta sẽ còn thấy một loạt các giải pháp công nghệ trên con đường xây dựng cỗ máy quy mô lớn này. Những cơ hội

mà công nghệ mới đó đem lại có thể tạo ra một thế giới hoàn toàn khác, và chúng ta thực sự rất may mắn khi trở thành một phần trong thế hệ có khả năng sẽ được trải nghiệm một vài điều kỳ diệu đến từ nó.

KIẾN TẠO TƯƠNG LAI

Kỹ thuật, Giao thông Vận tải và Năng lượng

12

Vật liệu thông minh

Anna Ploszajski

Hãy tưởng tượng cuộc sống sẽ thế nào nếu các vật dụng của bạn có thể cảm nhận, phản ứng, di chuyển, thích nghi, biến đổi và hoàn toàn tự sửa chữa. Trong tương lai, điều này sẽ trở thành hiện thực; các vật thể rắn sẽ tự hoạt động mà không cần sự tương tác của con người, không phải nhờ rô-bốt hay điện tử, mà nhờ việc được chế tạo từ 'vật liệu thông minh'. Đây là những chất rắn có tính chất – như màu sắc, hình dạng hoặc từ tính – có thể thay đổi cách độc lập để thích ứng với các kích thích như ánh sáng, nhiệt độ, áp lực hoặc độ ẩm. Phạm vi của chủ đề này rất rộng. Trong cuộc sống của mình, chúng ta sẽ thấy các vật liệu thông minh ở khắp mọi nơi: trên các mái nhà thay đổi màu sắc để điều chỉnh nhiệt độ của các tòa nhà, trong các thiết bị đeo tay, trong cấu tạo của những rô-bốt giống người, hay thậm chí là những lon bắp rang tự biết mở.

Vật liệu thông minh không hề mới. Thật vậy, chúng luôn tồn tại trong tự nhiên: những trái thông tự khép lại khi trời mưa và cây cối phát triển hướng về phía ánh

sáng. Chúng ta thậm chí đã sử dụng các vật liệu thông minh trong suốt lịch sử: 4.500 năm trước, các kim tự tháp của Giza được ghép bằng vôi tự kết dính. Nhưng lần đầu tiên một vật liệu thông minh được các nhà khoa học công nhận là vào năm 1880. Hai anh em Pierre và Jacques Curie, chồng và anh chồng của Marie Curie, đã khám phá ra vật liệu này. Họ nhận thấy rằng khi nén một tinh thể thạch anh, một loại khoáng vật trong suốt thường được tìm thấy trong đá granit, một điện áp sẽ xuất hiện dọc theo nó. Một năm sau, họ đã chứng minh rằng hiệu ứng này có thể đảo ngược – đặt một điện áp vào tinh thể thạch anh sẽ khiến nó bị biến đổi hình dạng. Họ đặt tên hiện tượng đó là *áp điện* (piezoelectricity), từ piezo trong tiếng Hy Lạp nghĩa là nén ép, và *elektron*, có nghĩa là hổ phách, một nguồn điện cổ xưa. Các tinh thể áp điện lần đầu tiên được áp dụng trong Thế chiến I trong các thiết bị phát hiện sóng siêu âm; ngày nay chúng được sử dụng trong nhiều ứng dụng, từ bật lửa, micrô, đến đồng hồ và hình ảnh siêu âm.

Phát hiện của anh em nhà Curie đã truyền cảm hứng cho các nhà khoa học vật liệu, kỹ sư và nhà phát minh suy nghĩ lại cách tiếp cận của họ với thiết kế vật liệu, dẫn đến sự phát triển của một loạt các vật liệu thông minh mới. Ngày nay có hàng triệu các nghiên cứu được cấp bằng sáng chế sử dụng những vật liệu này. Nhìn chung, chức năng của chúng chia làm sáu loại – thay đổi màu sắc, cảm nhận, di chuyển, sưởi ấm/làm mát, tự khắc phục và thay đổi trạng thái (đóng băng và tan

chảy). Và vật liệu thông minh không bị giới hạn trong địa hạt khoa học viễn tưởng hay phòng thí nghiệm – hầu hết mọi người đã quen thuộc với một vài thứ như kính râm đổi màu, tự động tối lại khi gặp ánh sáng mặt trời, hoặc cốc tri nhiệt biến sắc, tự động thay đổi màu sắc khi đổ cà phê nóng vào bên trong.

Một chuyến đi trên một chiếc xe đạp thông minh trong tương lai sẽ là một trải nghiệm thật vô tư vì vật liệu thông minh sẽ đẩy lùi mọi ổ gà, lốp thủng và vết trầy sơn vào dĩ vãng. Bạn sẽ có thể đạp xe dưới bất kỳ thời tiết nào, vì quần áo của bạn sẽ nhanh thích nghi với nhiệt độ cơ thể và lượng mưa. Nếu bạn di chuyển lúc trời tối, đường sẽ được thắp sáng mọi lúc nhờ trọng lượng của các xe đi qua và nếu bạn té ngã, quần áo thông minh sẽ nhanh chóng được vá lại bên đường.

Di chuyển xa hơn đòi hỏi một chiếc máy bay tương lai, thứ trông giống như một con chim hơn là một chiếc máy bay. Loại phương tiện có thể thay đổi hình dạng này sẽ thích ứng với điều kiện bay và đem đến cho hành khách chuyến đi suôn sẻ nhất. Chúng sẽ thiết lập các kỷ lục cho những chặng bay nhanh, đồng thời sử dụng ít nhiên liệu hơn khi thực hiện những chuyến bay như thế, tất cả đều nhờ vào các vật liệu thông minh. Đây là tương lai của thế giới vật chất – và đó sẽ là một nơi thú vị.

Chiếc xe đạp khiêm tốn

Sự lạc hậu có kế hoạch – khi nhà sản xuất cố ý hạn chế tuổi thọ của sản phẩm để khuyến khích khách hàng tiếp

tục mua hàng – cùng với các loại hàng hóa không thể sửa chữa đang góp phần vào sự mở rộng của xã hội tiêu thụ và văn hóa 'dùng rồi bỏ'. Mặc dù chiếc xe đạp, với thiết kế phổ biến và các bộ phận có thể thay thế một cách có chủ đích, gần như có thể được xem là một sản phẩm hoàn toàn có thể sửa chữa, nhưng thậm chí cả chiếc được yêu quý nhất cuối cùng cũng sẽ tróc sơn và gỉ sét, còn lốp thì xẹp lép. Nhưng trong tương lai, nhờ những vật liệu thông minh, chiếc xe đạp của ta sẽ không trở thành một đống sắt vụn.

Sơn tự phục hồi có chứa một loại hợp chất sửa chữa chiết xuất từ nhựa cây đựng trong những vi cầu nhỏ xíu sẽ vỡ ra khi bề mặt vật liệu bị trầy xước. Khi hiện tượng này xảy ra, nhựa được giải phóng và lấp đầy vết xước, tự động sửa chữa mọi hư hỏng. Có thể chế tạo lốp tự phục hồi từ cao su lưu hóa đã được biến đổi để có thêm các hạt tích điện (ion) cùng với các chuỗi phân tử mạch dài. Những phần tích điện trái dấu này của các phân tử kề nhau sẽ hút lẫn nhau tạo thành các liên kết rất mạnh, giúp cho vật liệu trở nên rất khỏe và bền. Nếu các phân tử bị tách ra vì một vết cắt trên miếng cao su, chúng có thể tự tái tạo các liên kết tự phát nhờ nguyên lý đơn giản là những điện tích trái dấu thì hút nhau. Lốp xe chống thủng ngày nay sử dụng một chất kết dính nằm bên trong các rãnh lốp để lấp đầy các lỗ thủng, nhưng điểm khác biệt của lốp tự phục hồi thông minh là nó chỉ sử dụng một thành phần duy nhất có thể tự liên tục vá thủng.

Hãy thử để một chiếc xe đạp ngoài mưa và chẳng mấy chốc các bộ phận của nó sẽ bắt đầu han gỉ. Khi điều này xảy ra, bề mặt kim loại sẽ trở nên có tính kiềm hơn. Các loại vật liệu vận sắc có khả năng thay đổi màu sắc khi độ pH của môi trường thay đổi, chẳng hạn như giấy quỳ. Một ví dụ phổ biến là phenolphthalein, hóa chất sẽ tự động chuyển sang màu hồng trong điều kiện kiềm. Vì vậy, việc phủ một lớp chất vận sắc trên bất cứ thứ gì, từ các bộ phận của xe đạp đến một cây cầu, sẽ cho phép xác định sớm giai đoạn gỉ sét và xử lý một cách hiệu quả trước khi xảy ra thiệt hại nghiêm trọng.

NASA đã đưa sơn chống gỉ tiến thêm một bước nữa, bằng cách phát triển một loại sơn thông minh không chỉ xác định quá trình ăn mòn mà còn chứa các viên nang siêu nhỏ khi vỡ ra sẽ giải phóng các chất nhờn nhằm ức chế kiềm và ngăn chặn sự ăn mòn. Tự động chống gỉ sẽ là một vấn đề lớn đối với nền kinh tế quốc gia – đáng ngạc nhiên, chi phí cho việc chống han gỉ ở Anh hiện chiếm khoảng 3% GDP, vào khoảng 60 tỉ bảng mỗi năm.

Chúng ta có thể sẽ sớm cảm ơn anh em nhà Curie và những vật liệu áp điện thông minh của họ khi cột đèn đường, biển báo và đèn giao thông, sẽ được cấp điện bởi chính con đường. Vật liệu áp điện phổ biến nhất ngày nay loại gốm nhân tạo gọi Chì zirconate titanate (PZT). Vật liệu này tạo ra một điện áp khi bị đè xuống, do các nguyên tử bên trong nó được bố trí theo một cấu trúc tinh thể (crystal) không đối xứng. Đối với hầu hết mọi người, thuật ngữ crystal gợi lên hình ảnh viên đá quý

trong suốt[1], nhưng với một nhà khoa học vật liệu, tinh thể là loại chất rắn trong đó các nguyên tử được xếp lại với nhau thành các hàng có trật tự để tạo ra một mô hình lặp ba chiều. Trong thực tế, hầu hết đá quý có cấu tạo tinh thể, nhưng kim loại, gốm, băng, đá và một số chất dẻo cũng được tạo thành từ các tinh thể. Mô hình nguyên tử lặp đi lặp lại trong cấu trúc của hầu hết các tinh thể là đối xứng: nó trông giống hệt nhau dù nhìn từ trước ra sau hay từ trên xuống dưới. Trong khi đó, các tinh thể áp điện là các mô hình lặp không đối xứng. Thông thường, điện tích của các nguyên tử trong một tinh thể áp điện triệt tiêu lẫn nhau; một điện tích âm sẽ bị triệt tiêu bởi một điện tích dương gần đó. Nhưng việc nén ép hoặc kéo dãn mô hình lặp không đối xứng sẽ di chuyển các nguyên tử theo một cách thức khiến điện tích của chúng không còn triệt tiêu nhau được nữa. Một bên của vật liệu sẽ tích điện dương và bên còn lại tích điện âm. Tăng hiệu ứng nén ép và kéo dãn này lên hàng triệu mô hình lặp trong toàn bộ tinh thể và kết quả là một điện áp có thể đo được. Đấu nối một tinh thể áp điện vào một mạch điện sẽ cho phép sử dụng điện áp mới tạo ra này. Và những vật liệu này có thể được kết hợp với nhựa đường để tạo ra điện khi được trọng lượng của các phương tiện vận tải nén lại. Năng lượng này sau đó có thể được lưu trữ bằng pin và được sử dụng để thắp các cột đèn chiếu sáng bên đường. Một số nghiên cứu thí

1. Tác giả đang nói đến hai nghĩa của từ crystal trong tiếng Anh.

điểm của các hệ thống này đã mang đến nhiều hứa hẹn, và công nghệ này thậm chí có thể được tích hợp vào lốp xe hoặc đế giày để sản xuất điện từ chuyển động.

Trong tương lai, những người đi xe đạp, xe hơi và các ủy viên hội đồng nhân dân địa phương sẽ cảm thấy nhẹ nhõm khi không còn phải lo về ổ gà nhờ vào bê tông tự liền, một vật liệu thông minh có thể phát hiện lỗ hổng và tự lấp đầy. Khi bê tông bị nứt gãy, vật liệu bên trong sẽ tiếp xúc với hơi ẩm hoặc mưa trong không khí. Bê tông tự liền chứa các thành phần mà khi gặp nước sẽ phản ứng và sinh ra chất lấp đầy vết nứt. Một ví dụ là loại phụ gia làm từ đất sét có chứa vi khuẩn bất hoạt và calcium lactate, một chất rất quen thuộc với bất kỳ ai đã từng để lại phô mai cũ trong tủ lạnh và một thời gian sau lấy ra thì thấy tinh thể màu trắng trên bề mặt miếng phô mai. Vi khuẩn, được nước kích hoạt, sẽ tiêu thụ calcium lactate và sản sinh ra đá vôi để lấp đầy vết nứt và ngăn ngừa thiệt hại thêm. Vật liệu này có thể được sử dụng trong các con đường, các tòa nhà và cơ sở hạ tầng khác; nó sẽ đặc biệt hữu ích ở những nơi dễ gặp hoạt động địa chấn.

Ở vùng khí hậu lạnh, người đi xe đạp sẽ cần loại quần áo có thể thích ứng với nhiệt độ cơ thể để luôn thoáng khí khi đi xe đạp, nhưng ấm áp khi ở trong nhà. Giải pháp có thể là các polyme ghi nhớ hình dạng khi bị nung nóng. Polyme là dạng vật liệu có các phân tử dạng sợi dài, chẳng hạn như cao su, nhựa và các vật liệu tự nhiên như protein. Hình dạng 'gốc' của một polyme ghi

nhớ được hình thành khi nó bắt đầu được sản xuất. Vật liệu này sau đó được gia nhiệt, chuyển thành một hình dạng tạm thời và được làm lạnh. Nó sẽ giữ hình dạng này cho đến khi được làm nóng tới nhiệt độ chuyển tiếp, tại đó nó sẽ trở lại hình dạng ban đầu. Những hình dạng gốc này được vật liệu ghi nhớ mỗi khi nó được làm nóng hoặc làm lạnh. Áo khoác đi xe đạp trong tương lai có thể chứa lớp lót polyme mềm mại có khả năng giữ không khí lại giống như túi ngủ trong trời lạnh, nhưng đồng thời có thể co lại để phản ứng với nhiệt độ cơ thể tăng do đạp xe.

Tương tự, các polyme nhạy cảm với độ ẩm sẽ thay đổi hình dạng khi có nước. Trong môi trường khô, loại polyme này cứng lại, nhưng nước có vai trò như một chất làm dẻo, giúp cho vật liệu giãn ra. Các polyme như vậy có thể được sử dụng để tạo ra một loại vải siêu nhạy cảm với độ ẩm. Khi trời khô, các sợi vải có thể dãn ra theo góc độ nào đó để thoáng khí. Ngược lại, khi trời mưa, sợi vải sẽ giãn ra để kéo phẳng và xếp chồng lên nhau trở thành một lớp chống thấm nước.

Chúng ta có thể quen thuộc với đặc tính tự lành lại của da khi bị tổn thương, một tính năng đặc biệt hữu ích trong trường hợp 'bất ngờ' té khỏi xe đạp, nhưng trong tương lai, những bộ quần áo bị rách của chúng ta sẽ có thể làm điều tương tự, nhờ sợi tự vá lành. Những loại vải này chứa một thành phần bất thường – một loại protein đặc biệt được tìm thấy trong những chiếc 'răng' bao quanh những giác hút trên xúc tu của mực và có thể

tổng hợp được trong phòng thí nghiệm. Protein này cho phép vải ở hai bên của vết rách nhỏ tạo thành các liên kết hóa học mới, cho phép nó tự liền lại trong chưa tới một phút chỉ với việc bổ sung chút nước và áp suất – một tiệm sửa quần ngay bên lề đường. Giá như cái tôi cũng dễ lành như thế!

Máy bay tương lai

Lấy cảm hứng từ những động vật biết bay, Leonardo da Vinci đã tưởng tượng ra một cỗ máy bay cho con người từ hơn 500 năm trước, hàng thế kỷ trước khi con người có thể nghĩ đến thứ bình thường như chiếc xe đạp. Thiết kế của ông liên quan đến một đôi cánh linh hoạt với các mối nối được làm từ gỗ và lụa, có khả năng đập như chim hay dơi. Mặc dù máy bay của chúng ta ngày nay trông vẫn giống phát minh với đôi cánh của Leonardo, chúng là những cấu trúc với một vài bộ phận cứng có thể chuyển động. Nhìn vào tương lai, các vật liệu thông minh sẽ là giải phóng chúng ta khỏi những trở ngại không linh hoạt của các thiết kế hiện tại, đưa chúng ta trở lại với ý tưởng của Leonardo và chế tạo một chiếc máy bay có cơ bắp, linh hoạt, biết thích ứng và cảm nhận.

Trong suốt chuyến bay, máy bay phải có khả năng chịu được nhiều lực khác nhau, mà dạng cứng cáp truyền thống không phải lúc nào cũng là lý tưởng. Máy bay của tương lai sẽ có những chiếc cánh với khả năng tự duỗi thẳng hoặc thổi phồng lên để tối ưu hóa lực nâng của không khí, và có thể gấp, kéo, xoắn hoặc thu gần lại thân

máy bay hơn tùy theo giai đoạn bay. Những thích ứng theo thời gian thực này sẽ làm giảm khả năng bị không khí cản lại và tăng khả năng cơ động, cho phép cất cánh với khoảng cách ngắn hơn và tối ưu hóa khí động học tùy điều kiện bay trực tiếp. Điều này sẽ giúp chuyến đi thoải mái hơn, nhanh hơn và ít tốn nhiên liệu hơn.

Sẽ cần tới sự kết hợp của tất cả các 'tính chất' của vật liệu thông minh để biến chiếc máy bay này trở thành hiện thực. Các thành phần của cơ cấu truyền động để di chuyển đôi cánh sẽ được chế tạo từ các hợp kim dạng ghi nhớ như Nitinol, một hỗn hợp hợp kim của niken và titan, biến đổi giữa hai trạng thái định sẵn khi được làm nóng và làm lạnh. Các vật liệu nhẹ có thể thay đổi hình dạng như các polyme hoạt điện với khả năng mở rộng và co lại khi điện áp được hay không được cung cấp cũng khá quan trọng. Các polyme ghi nhớ hình dạng sẽ đặc biệt quan trọng đối với lớp vỏ ngoài của máy bay, vì chúng có thể nhanh chóng chuyển từ đủ cứng và mạnh để chịu lực khí động học, sang cực kỳ đàn hồi và linh hoạt để tạo điều kiện cho một cái cánh có hình dạng thay đổi bên dưới.

Một số vật liệu thông minh trong số này sẽ đóng một vai trò kép là cảm biến; các chất điện áp và các polyme hoạt điện tạo ra các tín hiệu điện có thể đo được dưới sức ép. Các loại sợi quang thường có chỉ số khúc xạ thay đổi theo nhiệt độ hoặc lực tác dụng, do đó việc thêm chúng vào cấu trúc của máy bay không chỉ tạo ra vật liệu tổng hợp mạnh, cứng và nhẹ mà còn giúp theo

dõi hư hại, các vết nứt và biến dạng khi bay. Những vật liệu tổng hợp thông minh này có thể được sử dụng ở bất cứ đâu, từ các tòa nhà xây bằng bê tông thông minh với khả năng thông báo cho các kỹ sư về những điểm hỏng hóc tiềm năng, tới các thiết bị điện tử linh hoạt.

Máy bay tương lai có thể có độ nhạy cảm tương đương với con người nhờ vật liệu tổng hợp xuyên hầm lượng tử (quantum tunneling) – các vật liệu thông minh có thể chuyển từ chất cách điện thành chất dẫn điện khi được nén lại. Chúng gồm một lưới cao su mềm chứa các hạt niken nhỏ. Lưới này là một chất cách điện, và ở trạng thái không hoạt động, các hạt niken dẫn điện ở quá xa nhau nên vật liệu không thể dẫn được điện. Khi nó được kích hoạt bằng cách nén lại, các hạt niken di chuyển đến gần nhau hơn và các electron 'xuyên hầm' qua lưới cách điện và khiến toàn bộ vật liệu trở thành dẫn điện. Trong cơ học lượng tử, vị trí của một electron sẽ được mô tả theo xác suất mà nó ở một vị trí cụ thể, chứ không phải vị trí chính xác của nó. Khi một electron trong hạt niken tiến tới gần hàng rào cách điện, có một xác suất rất nhỏ, nhưng khác không, rằng nó sẽ đi qua phía bên kia, thay vì nẩy ngược trở lại. Cơ học lượng tử nói rằng với đủ lượng electron cố gắng xuyên hầm và di chuyển như vậy với xác suất khác không, một số electron may mắn sẽ qua được phía bên kia. Những vật liệu thông minh kỳ lạ này đã được các rô-bốt của NASA sử dụng để tìm hiểu xem chúng có thể nắm chặt một vật thể đến mức nào, và cũng có thể được sử dụng làm màn hình cảm ứng mới

hay chân tay giả có cảm giác như thật cho những người tàn tật.

Di sản vật liệu thông minh của chúng ta

Tất cả các vật liệu thông minh được nhắc đến trong chương này đều được chứng minh là hoạt động được trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, có một số vấn đề cần được khắc phục trước khi chúng ta có thể sử dụng vật liệu thông minh trong cuộc sống thường ngày của mình. Trong nhiều trường hợp, vấn đề chính là thời gian phản hồi quá chậm và vật liệu quá yếu hoặc không ổn định. Hiệu suất của chúng cũng có thể giảm dần theo thời gian, và tích hợp chúng vào các thiết bị đang hoạt động là một nhiệm vụ khó nhằn. Ngưỡng chuyển đổi do kích thích thường rất khó kiểm soát. Một số vật liệu này có chứa độc tố và, như với nhiều công nghệ mới, hiện nay chúng không được sử dụng rộng rãi vì chi phí sản xuất cao và đối tượng khách hàng không phổ biến cũng như không sẵn vật liệu thô.

Tuy nhiên, tôi thấy lạc quan rằng nhiều vấn đề trong số này sẽ được khắc phục bằng các nghiên cứu mới, và giống như cách Internet đã thay đổi cách chúng ta tương tác với thông tin, vật liệu thông minh chắc chắn sẽ thay đổi hoàn toàn cách chúng ta tương tác với thế giới vật chất. Theo định nghĩa, một vật thể là thứ không có khả năng tư duy và chịu tác động của con người. Tách riêng ra thì vật liệu thông minh chỉ là những món đồ kém cỏi, chỉ có thể lật qua lật lại giữa hai trạng thái

khi hoạt động và khi không hoạt động. Nhưng kết hợp chúng để chế tạo một chiếc máy bay có thể sản xuất và lưu trữ năng lượng, cảm nhận chính nó và thế giới xung quanh, tự lắp ráp và tự sửa chữa, biết thích nghi với môi trường hiện tại và giao tiếp với những vật khác cùng loại, thế là bỗng nhiên những vật vô tri vô giác lại trở nên sống động hơn rất nhiều.

Bởi thế, các vật liệu thông minh đặt ra một số câu hỏi lớn cho chúng ta. Chúng có thật sự cần thiết? Có đúng là chúng ta nên tăng độ phức tạp của các đối tượng đơn giản để làm cho cuộc sống trở nên thuận tiện, ngay cả khi điều này tiêu tốn nhiều năng lượng quý giá và tài nguyên khan hiếm để sản xuất, sử dụng và tái chế? Nhưng nếu chúng giúp con người sử dụng ít năng lượng hơn hoặc ít tài nguyên hơn, thì điều đó cũng dẫn đến những vấn đề khác cho chính chúng: vật liệu thông minh tự sửa chữa sẽ là một thách thức lớn cho sản xuất và thương mại vì chúng kéo dài tuổi thọ của hàng hóa. Các nền kinh tế của chúng ta sẽ thích ứng như thế nào? Phải chăng chỉ có tầng lớp giàu có mới có thể tiếp cận công nghệ thông minh? Nếu chúng ta bắt đầu dựa vào các vật liệu thông minh để tự động hóa cuộc sống của mình, liệu chúng ta có chấp nhận rủi ro khi trở nên lệ thuộc vào chúng và mất khả năng tư duy nghiêm túc và độc lập? Trong lịch sử các đồ tạo tác, vật liệu kể câu chuyện của nhân loại. Một ngày nào đó, các tác phẩm trong bảo tàng được làm từ những vật liệu thông minh hiện đại này sẽ là tất cả những gì còn

sót lại để nhớ đến thời đại chúng ta. Khi đó chúng sẽ nói gì về chúng ta?

Theo ý kiến của tôi, tác động tích cực của các vật liệu thông minh đến cuộc sống của mọi người trên khắp thế giới vượt xa mọi thách thức và tác động tiêu cực tiềm năng. Chẳng hạn, vật liệu cần thiết cho một chiếc máy bay tương lai cũng chính là loại vật liệu đem tới khả năng điều khiển hoạt động bằng não bộ, khả năng cảm nhận và tự chữa lành của những bộ chi giả cho người khuyết tật. Nếu sợi có khả năng thích nghi và cơ sở hạ tầng tự sửa chữa có thể giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu lên dân cư tại những vùng bị ảnh hưởng nặng nề nhất trên thế giới thì đó là những công nghệ đáng phải theo đuổi. Mối quan hệ chúng ta có với vật liệu mang tính chất cá nhân, phức tạp và chúng thể hiện những tư duy và ý tưởng thịnh hành trong một thời đại cụ thể. Khi chúng ta chết đi, tôi hy vọng rằng những vật liệu thông minh này sẽ kể câu chuyện về một loài người nhạy cảm, biết thích nghi và kiên cường khi đối mặt với những môi trường thường xuyên thay đổi và đầy thử thách, tất cả được phản ánh ở bản thân những vật liệu ấy.

13
Năng lượng

Jeff Hardy

Tôi có một lời thú tội. Tôi là một gã si mê năng lượng. Tôi luôn háo hức mỗi khi nghe về năng lượng – từ các tiến bộ khoa học mới nhất, như thu thập năng lượng từ chuyển động của chính con người, cho đến những thứ nhàm chán nhất, như nồi hơi. Điều ấy khiến tôi hơi bất thường. Đối với nhiều người, mối quan hệ của chúng ta với năng lượng khá là thứ cấp – chúng ta coi nó như một dịch vụ tất yếu, như một thứ sẽ luôn ở đó khi chúng ta nhấn công tắc. Tất nhiên, đây không phải vấn đề ở các nước đang phát triển, nơi mà 2 tỉ người chỉ mong muốn được tiếp cận với năng lượng. Trong tương lai, mối quan hệ của chúng ta với năng lượng sẽ thay đổi – nhu cầu năng lượng của chúng ta đang mâu thuẫn với hậu quả của biến đổi khí hậu cũng như các hạn chế khác. Nếu có điều gì là chắc chắn, thì đó là năng lượng – và đặc biệt là tìm ra nguồn năng lượng sạch không giới hạn – sẽ trở thành một trong những vấn đề quan trọng nhất đối với nhân loại trong tương lai. Nhưng thay vì cứ mãi sợ hãi sự bất định, chúng ta nên nắm bắt lấy cơ hội ấy: chương

này nhằm giải thích tại sao tất cả chúng ta nên vui mừng trước tương lai của năng lượng.

Năng lượng và các khí nhà kính

Bạn đã đọc qua Chương 3, trong đó Julia Slingo viết về biến đổi khí hậu, vậy nên tôi tin chắc là bạn đã hiểu được tầm quan trọng của việc giảm thiểu phát thải khí nhà kính trên toàn cầu. Theo Cơ quan Năng lượng Quốc tế, việc sản xuất và sử dụng năng lượng là nguyên nhân của hai phần ba lượng phát thải khí nhà kính (greenhouse gas, GHG) của thế giới. Xét đến yếu tố này, đó hẳn phải là một phần quan trọng trong giải pháp.

Làm thế nào để khử cacbon trong năng lượng? Câu trả lời thật đơn giản đến dối lừa – ngừng đốt nhiên liệu hóa thạch ngay đi. Tất nhiên, trong thực tiễn thì khó mà làm ngay được, vì nhiên liệu hóa thạch đồng nghĩa với đời sống hiện đại. Chúng là nhiên liệu cho cuộc sống của chúng ta, theo đúng nghĩa đen. Sẽ là không công bằng, không đúng, khi bảo mọi người tạm dừng cuộc sống thường ngày của mình trong khi chúng ta tìm ra nguồn năng lượng thay thế. Cũng sẽ không công bằng nếu bảo các quốc gia tạm dừng phát triển, ngay cả khi nguồn năng lượng duy nhất họ tiếp cận được là nhiên liệu hóa thạch. Bởi vậy, chúng ta cần một kế hoạch để giảm sự phụ thuộc vào các nhiên liệu hóa thạch một cách có hệ thống.

Giải pháp thứ nhất là chúng ta cần phải làm việc *hiệu quả hơn*. Cách rẻ nhất để giảm GHG là không đốt

nhiên liệu hóa thạch ngay từ đầu. Ở Anh (và nhiều nơi khác), chúng ta đang lãng phí rất nhiều năng lượng. Ví dụ, hai phần ba năng lượng điện bị hao hụt trong quá trình sản xuất và vận chuyển qua các lưới điện. Tương tự, nhiệt bị mất đi do các tòa nhà cách nhiệt quá kém. Câu hỏi là nếu tiết kiệm năng lượng vừa dễ dàng vừa tốt đẹp, tại sao chúng ta không chịu làm tốt hơn? Một phần câu trả lời là do người ta đơn giản không quan tâm đến sử dụng năng lượng hiệu quả, và mấy trò hối lộ (kiểu như trợ cấp năng lượng, hay thứ khác đại loại như vậy) chẳng có tác dụng với số đông dân chúng. Ngoài ra, còn có một vấn đề khác: sử dụng năng lượng hiệu quả giúp tiết kiệm tiền bạc và điều này có thể gây ra 'hiệu ứng dội lại' khi người ta dùng số tiền tiết kiệm được từ sử dụng năng lượng hiệu quả vào những thiết bị khác cũng sử dụng năng lượng và tạo ra khí thải nhà kính. Chẳng hạn, số tiền tiết kiệm giúp bạn đủ khả năng để sưởi ấm toàn bộ căn nhà, đòi hỏi phải đốt nhiều than hơn; hoặc bạn tiêu tiền vào một kỳ nghỉ 'đáng yêu' trên chuyến bay phản lực.

Giải pháp thứ hai là vận hành hệ thống năng lượng của chúng ta một cách *thông minh hơn*. Hầu hết các hệ thống năng lượng đều vận hành trên cơ sở cung cấp năng lượng theo nhu cầu. Điều này đặc biệt đúng với điện, nơi cung và cầu phải liên tục được giữ cân bằng. Đối với các hệ thống điện, người ta có một cái gọi là 'thứ tự ưu tiên' (merit order), bao gồm những loại điện luôn được sử dụng [vì rẻ nhất] (là điện cơ bản, như điện hạt nhân

và than), thường được sử dụng (năng lượng mặt trời và năng lượng gió), sử dụng linh hoạt (các nhà máy điện chạy bằng khí đốt) và hiếm khi sử dụng (máy phát điện diesel, có thể khởi động trong thời gian ngắn, nhưng giá thành rất đắt). Nếu muốn có quần áo sạch, bạn cần đến máy giặt. Để đáp ứng nhu cầu này, một người nào đó trong mạng điện sẽ bật một trạm phát. Nếu đây là giờ cao điểm, ví dụ khi người người nhà nhà giặt quần áo, thì nhà máy điện nhiều khả năng phải sử dụng tới nhiên liệu hóa thạch (máy phát điện chạy bằng khí đốt hoặc diesel). Nhưng một hệ thống năng lượng thông minh sẽ có cầu đi theo cung. Trong ví dụ trên, máy giặt có thể hỏi chúng ta rằng 'Khi nào bạn muốn giặt sạch quần áo?' và nó sẽ bắt đầu giặt khi có nguồn cung năng lượng (miễn là quần áo sạch đúng lúc!), nghĩa là không cần bật thêm trạm phát điện nào cả.

Giải pháp thứ ba là *thay thế nhiên liệu hóa thạch* bằng các công nghệ hoặc nhiên liệu khác có mức GHG thấp hơn hoặc bằng không.

Đối với điện, bạn có thể thay thế năng lượng điện hóa thạch bằng các lựa chọn với mức cacbon thấp như năng lượng tái tạo, năng lượng gió, năng lượng mặt trời và năng lượng sinh khối (đốt cây cỏ hay các loài thực vật nói chung) và năng lượng hạt nhân.

Ngoài ra còn một giải pháp thay thế là sử dụng cacbon cô lập và lưu trữ (Carbon Capture and Storage, CCS). Quá trình này bao gồm xây dựng một nhà máy hóa chất lớn gắn liền với một nhà máy điện để có thể

thu được hầu hết cacbon điôxit trong khí thải. Cacbon điôxit sau đó được vận chuyển bằng đường ống dẫn đến một mỏ khí đốt hoặc mỏ dầu bị bỏ hoang, nơi nó sẽ được giữ lại mãi mãi (lý thuyết là vậy). Và thay vì đốt nhiên liệu hóa thạch trong một nhà máy điện CCS, nếu bạn đốt sinh khối rồi cô lập cacbon điôxit tức là bạn đã giúp đảo ngược phát thải cacbon điôxit! Đó là bởi vì khi một cái cây phát triển, nó hấp thụ cacbon điôxit trong không khí – nên nếu bạn đốt cây và sau đó giữ lại cacbon điôxit, bạn sẽ giảm lượng cacbon điôxit lưu thông trong khí quyển (miễn là bạn trồng cây thay thế). Tuy nhiên, hãy nhớ rằng không phải tất cả các loại sinh khối đều là cacbon trung tính[1]. Điều đó còn phụ thuộc vào cách sinh khối được nuôi trồng, thu hoạch, thay thế và vận chuyển, cũng như phần đất được sử dụng.

Đối với nhiệt, hiện có nhiều giải pháp khác nhau. Con người ngày nay đang đốt rất nhiều khí tự nhiên (mêtan) để giữ ấm cho chính mình. Chúng ta có thể thay thế khí tự nhiên bằng một loại khí khác mà sẽ không làm gia tăng sự nóng lên toàn cầu. Chẳng hạn, chúng ta có thể tạo ra khí sinh học từ sinh khối, và loại khí này cần có lượng phát thải GHG thuần thấp hơn mức nguy hiểm. Một lựa chọn khác là sử dụng hyđrô. Khi ta đốt hyđrô, sản phẩm phụ sinh ra là nước, nên nó rất sạch. Vấn đề là hầu hết hyđrô được tạo ra từ khí tự nhiên trong một

1. Nguyên văn Carbon Neutral (Cacbon trung tính), thuật ngữ chỉ hành động của một người, một tổ chức (ví dụ trồng cây,...) để giảm lượng cacbon điôxit đúng bằng chính lượng cacbon điôxit mà họ tạo ra.

quá trình gọi là cải tạo mêtan bằng hơi vốn đồng thời cũng sản sinh ra cacbon điôxit. Chúng ta cũng có thể chọn tách nước thành ôxy và hyđrô bằng điện, nhưng cách thức này khá là tốn kém vì nó đòi hỏi các chất xúc tác đắt tiền như bạch kim và paladi, và hơn thế, bạn còn phải trả tiền điện nữa.

Đối với giao thông vận tải, nhiên liệu hóa thạch vẫn đang là vua (chí ít là ở thời điểm hiện tại – một ngày nào đó chúng ta có thể sử dụng hyđrô). Dù vậy xe điện hay xe lai [chạy cả điện và xăng] đang xuất hiện thường xuyên khắp các tuyến đường, và chúng ngày càng trở nên phổ biến: hiện có hơn một triệu chiếc trên toàn thế giới. Thách thức nằm ở kỳ vọng của chúng ta về một chiếc xe với 'bình nhiên liệu' có thể đi hàng trăm dặm và có thể 'tiếp nhiên liệu' chỉ trong vài phút. Hệ thống pin và trạm sạc đang cải thiện nhanh chóng, nhưng vẫn còn cần nhiều thời gian.

Có lẽ hành vi của con người đóng vai trò quan trọng trong giao thông vận tải hơn so với điện và nhiệt. Ngày nay ở Anh, người ta chỉ sử dụng xe hơi của mình trong khoảng 5% thời gian. Do đó, triển vọng về các hình thức vận tải theo yêu cầu – như phương tiện tự động, phương tiện giao thông công cộng thông minh và thành phố xe đạp, cũng như công nghệ ảo dùng trong hội họp – có thể, trong tương lai gần, thay đổi toàn bộ mối quan hệ của chúng ta trong việc đi từ điểm A tới điểm B.

Công nghệ đột phá

Một công nghệ đột phá là loại công nghệ có thể thay

thế một công nghệ đang có sẵn và làm rung chuyển thị trường, hoặc loại sản phẩm đột phá tạo ra một ngành công nghiệp hoàn toàn mới. Trong lĩnh vực năng lượng, đột phá đã xảy ra.

Trước tiên, nhiều thứ đang trở nên hiệu quả hơn. Trên khắp châu Âu, các loại nhãn năng lượng và tiêu chuẩn sản phẩm đã giúp tiết kiệm tương đương với tổng năng lượng tiêu thụ hằng năm của Ý. Một ví dụ có thể kể đến là bóng đèn sợi đốt đang được thay thế bằng bóng đèn điốt (LED), sử dụng chỉ khoảng 1/10 năng lượng. Các công nghệ thông minh cũng giúp tiết kiệm nhiều năng lượng hơn, chẳng hạn như máy điều nhiệt thông minh sẽ phân tích thói quen sử dụng năng lượng, từ đó tối ưu hóa hệ thống sưởi gia đình của chúng ta để tiết kiệm tiền (dù tất nhiên, sẽ luôn xuất hiện 'hiệu ứng dội lại' đã được nhắc đến phía trên).

Công nghệ năng lượng cũng dần dần có giá cả phải chăng hơn. Các tấm pin mặt trời (pin photovoltaic, PV) càng trở nên rẻ hơn khi được bán trên quy mô toàn cầu. Pin PV có 'yếu tố học tập' là 21%, nghĩa là đối với mỗi lần số lượng sản phẩm bán ra tăng gấp đôi, giá bán sẽ giảm đi khoảng 21%. Tổng mức công suất của PV trên toàn cầu hiện đang vào khoảng 300 gigawatt. Chỉ mười năm trước, con số này còn chưa bằng 10 gigawatt. (Giải thích đơn giản: để bật mọi thiết bị điện trong nhà, tôi sẽ cần khoảng 10 kilowatt điện, và vì 1 gigawatt là 1.000.000 kilowatt, điều này có nghĩa là 1 gigawatt có thể cung cấp điện cho khoảng 100.000 ngôi nhà vào giờ cao điểm.)

Điều này tạo nên thế hệ 'người tiêu dùng kiêm nhà sản xuất' (prosumers), những người đồng thời vừa tiêu dùng vừa sản xuất điện. Sự kiện lớn tiếp theo được dự đoán sẽ là các loại pin nhằm lưu trữ điện ngay tại nhà.

Dữ liệu, dữ liệu ở mọi nơi

Việc chúng ta sống trong kỷ nguyên của 'dữ liệu lớn' đang trở nên rõ ràng hơn bao giờ hết. Mọi thiết bị đều đang thu thập và truyền tải dữ liệu: điện thoại thông minh, đồng hồ thông minh, các loại cảm biến và Internet Vạn Vật đang cực kỳ phát triển. Dữ liệu lớn hiện đã được sử dụng để cải thiện việc tiếp thị sản phẩm, dự đoán động đất và nhắc nhở các bệnh nhân có khả năng quên uống thuốc.

Dữ liệu (lớn hoặc nhỏ) kết hợp với máy học (về cơ bản thì nó là các thuật toán có thể học hỏi và đưa ra các dự đoán về dữ liệu) có nhiều ứng dụng cho năng lượng. Nó đã giúp giảm nhu cầu năng lượng bằng cách tối ưu hóa các quy trình, như điều chỉnh tủ đông trong các siêu thị hoặc làm mát tại các trung tâm dữ liệu. Tuy nhiên, tiềm năng thực sự còn lớn hơn nhiều, vì nó có thể là một thành phần quan trọng trong việc sử dụng năng lượng thông minh bằng cách liên tục tối ưu hóa cung và cầu trong thời gian thực.

Mảnh ghép cuối cùng trong câu đố đột phá này là sự xuất hiện của các cách thức mới mẻ và an toàn để xử lý các giao dịch ngang hàng. Công nghệ chuỗi khối, nền tảng trong giao dịch tiền ảo Bitcoin, có thể xem là

một cuốn sổ cái an toàn ghi lại hoạt động giao dịch giữa các bên. Sử dụng chuỗi khối, hoặc các công nghệ tương đương, sẽ tạo cơ hội để hai hoặc nhiều bên thực hiện các giao dịch tài chính an toàn mà không cần đến đối tượng trung gian như ngân hàng. Điều này rất quan trọng đối với năng lượng vì nó cho phép giao dịch năng lượng ngang hàng an toàn – chẳng hạn, tôi có thể bán trực tiếp điện từ các tấm PV của mình cho anh hàng xóm mà không cần qua tay trung gian nào cả.

Một thế hệ kết nối

Không chỉ có công nghệ đang thay đổi, con người cũng vậy. Quan hệ của chúng ta với năng lượng cũng có thể thay đổi để phù hợp với các giá trị, thái độ và hành vi trong tương lai của chúng ta. Có thể chúng ta đã thấy những khác biệt giữa các thế hệ.

Thế hệ Y, hay millennials, được sinh ra đâu đó trong khoảng thời gian từ cuối thập niên 1970 đến thập niên 1990, là một thế hệ được kết nối Internet, có hiểu biết về công nghệ và có tư tưởng tự do. Khảo sát cho thấy rằng millennials sống với công nghệ điện thoại di động, đồng thời quan tâm đến các công nghệ phân bổ năng lượng như quang điện nhiều hơn các thế hệ trước. Nhờ đó, nhiều khả năng họ cũng sẽ biết nắm bắt các công nghệ năng lượng đột phá.

Thế hệ Z, được sinh ra trong thời đại Internet. Với các thiết bị cầm tay, các cô cậu này đang hòa nhập vào thế giới của mạng xã hội và di động. Họ lớn lên trong

thời kỳ khó khăn toàn cầu, bao gồm các cuộc khủng hoảng tài chính và sự gia tăng đáng kể các mối đe dọa an ninh. Nhiều cuộc khảo sát cho thấy rằng họ rất thực dụng, cần cù, có trách nhiệm với xã hội và môi trường. Họ nhanh chóng thích ứng với sự đổi mới và đột phá, và mong đợi thế giới cũng có phản ứng và giải pháp ngay lập tức.

Những động lực thay đổi đều quan trọng, vì chúng sẽ cho ta biết được chút gì đó về chuyện quan hệ giữa con người và năng lượng sẽ tiến hóa như thế nào trong tương lai. Chúng ta đã khám phá một số xu hướng có thể cá nhân hóa quan hệ của mình với năng lượng. Hãy thổi hồn cho những quá trình này, qua ba hình minh họa tương lai mà nhiều khả năng sẽ trở thành cuộc đời của thế hệ Y và thế hệ Z.

Cuộc sống thông minh

Hãy thử suy nghĩ về kịch bản tương lai này. Thời gian cá nhân của bạn giờ đây quý giá đến mức bạn phải thuê một công ty có tên gọi 'Life-back' (Hỗ trợ Lối sống) đến coi sóc căn hộ của mình. Đổi lại cho một tờ hóa đơn lối sống hằng tháng, công ty này giữ cho bạn luôn no nê, ấm áp, được giải trí vui vẻ, năng động và làm việc hiệu quả. Nhà của bạn thì thông minh – bạn có thể nói chuyện với nó và nó cũng có thể đáp lại bạn – điều cực hữu ích, nhất là khi nói đến việc đặt hàng tạp hóa. Ngôi nhà có đủ loại màn hình và cảm biến liên tục tối ưu hóa môi trường sống của bạn. Nó cũng được cách nhiệt cực

tốt, được trang bị các tấm pin mặt trời PV trên mái nhà và pin năng lượng trong tủ bếp. Thỉnh thoảng, khi bạn cần sưởi ấm, một máy bơm nhiệt nhỏ sẽ làm việc đó. Điều tuyệt vời là bạn không phải trả tiền cho những thứ này; Life-back đã trả rồi và họ sẽ trừ phí theo giờ, trực tiếp vào số tiền bạn tiết kiệm được trong hóa đơn năng lượng của mình. Bạn cũng chẳng sở hữu một chiếc xe hơi nào. Ngôi nhà thông minh sẽ biết khi nào bạn cần ra ngoài và luôn đảm bảo có phương tiện vận chuyển tối ưu. Đôi khi đó sẽ là một chiếc xe điện tự động đậu ngay trước cửa nhà bạn. Lần khác, đó lại là lời nhắc khi nào thì chuyến xe buýt công cộng tiếp theo đến hoặc chiếc xe đạp của bạn đang nằm ở đâu. Một khi ký hợp đồng với Life-back, bạn trao quyền cho họ thực hiện mọi hành động nhân danh mình. Điều này bao gồm việc chuyển đổi các nhà cung cấp lượng điện nhỏ bạn cần, cũng như quản lý nhu cầu điện trong nhà bạn để giảm bớt gánh nặng lên các mạng điện đang gặp khó khăn. Bạn là một người tham gia rất tích cực trong thị trường năng lượng, dù là có một người khác làm việc đó nhân danh bạn.

Vâng, giờ đây bạn đã trở thành một nhà kinh doanh năng lượng. Chào mừng đến với thế giới năng lượng ngang hàng! Các mô hình cũ, tức là bạn mua năng lượng từ một nhà cung cấp duy nhất, đã là quá khứ rồi. Giờ đây, những người trung gian đã không còn và bạn giao dịch trực tiếp với những nhà sản xuất và tiêu dùng điện khác nhau. Vậy quy trình này hoạt động như thế nào? Ngôi nhà của bạn chính là một nhà máy điện. Bạn

có một tấm pin mặt trời trên mái, có lẽ là một tua-bin gió trong vườn và một cục pin để lưu trữ điện. Nếu bạn cần một chiếc ôtô, đó chắc chắn sẽ là một chiếc xe điện. Thị trường ngang hàng cho phép bạn mua bán nhiều thứ, trong trường hợp này là điện. Giao dịch được ghi nhận và thanh toán qua các sổ cái công cộng an toàn, dựa trên công nghệ chuỗi khối hoặc tương tự. Nhờ cơ chế này, bạn có thể mua hoặc bán điện một cách an toàn. Giao dịch với ai và bằng cách nào là tùy ở bạn. Bạn có thể muốn tối đa hóa lợi nhuận của mình, bán năng lượng khi giá cao hơn và mua khi giá rẻ hơn, hoặc tối đa hóa tiêu thụ năng lượng xanh. Bạn có thể tự mình làm tất cả hoặc thuê một bên thứ ba để tối ưu hóa chiến lược thay cho bạn. Việc cách nhiệt nhà ở và cài đặt các thiết bị thông minh kiểm soát nhu cầu năng lượng tại nhà là hợp lý. Cùng với pin năng lượng, việc này giúp giảm nhu cầu năng lượng tại nhà để tối ưu hóa chiến lược giao dịch năng lượng. Nó cũng giúp bạn sắp xếp thứ tự ưu tiên cho mọi thứ, từ sạc xe điện đến sưởi ấm cho ngôi nhà. Bạn là người quyết định mức độ tham gia của mình vào thị trường năng lượng – phần thưởng tỉ lệ thuận với hoạt động của bạn.

Khi ngắt kết nối khỏi lưới điện, bạn đã giành lại quyền kiểm soát năng lượng một cách trực tiếp nhất. Muốn hiệu quả, bạn sẽ phải cân nhắc đến các yếu tố điện, nhiệt và tính di động. Bạn tối thiểu nhu cầu của mình bằng cách làm cho ngôi nhà trở nên cực kỳ tiết kiệm năng lượng. Tất cả các thiết bị gia dụng sử dụng điện một chiều chứ không phải điện xoay chiều, nghĩa

là chúng có thể sử dụng nguồn điện trực tiếp từ các tấm pin mặt trời của bạn. Nếu cần thêm điện và nhiệt, bạn đã mua sẵn một hệ thống tế bào điện hóa giúp chuyển đổi chất thải sinh hoạt (bao gồm nước thải) thành điện và nhiệt. Để liên lạc, kết nối và giải trí, bạn đã có Internet di động và các thiết bị được kết nối. Khi hoạt động, bạn thu thập năng lượng từ môi trường thông qua các tấm pin mặt trời nhỏ xíu được tích hợp trên quần áo và qua các thiết bị chuyển hóa chuyển động trong đôi giày của bạn. Điều này cho phép sạc ngay cục pin mà bạn mang theo bên mình, nói cách khác, điện thoại di động của bạn chẳng bao giờ cần đến điện. Thỉnh thoảng, bạn có thể thấy mình thiếu hụt năng lượng, nhưng đó là điều bạn đã quen rồi. Bạn luôn có thể hỏi mượn anh hàng xóm vài kilowatt điện.

Đôi khi, các cá nhân có thể tập hợp lại thành cộng đồng để kiểm soát các khía cạnh năng lượng của họ. Đây có thể được gọi là cộng đồng lợi ích hoặc cộng đồng địa điểm (hoặc cả hai nếu nó đáp ứng cả hai yếu tố: lợi ích và địa điểm). Cộng đồng lợi ích có thể là nhóm những người cộng tác với nhau để có được một thỏa thuận tốt hơn về cung cấp năng lượng (hay gọi là 'chuyển điện tập thể') hoặc có lẽ cùng huy động vốn cộng đồng cho một dự án năng lượng. Cộng đồng địa điểm đơn giản là cộng đồng địa phương, một ngôi làng hoặc một thị trấn, nơi cư dân tham gia mua bán và vận hành cơ sở hạ tầng năng lượng địa phương như các tấm pin mặt trời PV, cũng như cùng sẻ chia nguồn năng lượng và lợi nhuận

thu được từ nó. Trong một số trường hợp, cộng đồng có thể tự mua toàn bộ hệ thống năng lượng địa phương, gồm cả điện và nhiệt.

Nhưng nếu bạn chưa sẵn sàng rời khỏi lưới điện thì sao? Thật ra cứ mỗi sáu người trên hành tinh này lại có một người như vậy. Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn có thể nhảy cóc vượt nhu cầu xây dựng một mạng lưới điện quốc gia, giống như cách điện thoại di động phủ nhận sự cần thiết của điện thoại cố định? Đây chính là thực tế của những gì chúng ta gọi là lưới điện siêu nhỏ (microgrid), bao gồm các thành phần như tấm pin mặt trời PV (hoặc một công nghệ sản xuất điện khác), pin, hệ thống điều khiển và dây cáp để kết nối một cộng đồng với nhau. Nói cách khác, đây là tất cả những gì bạn cần để cung cấp dịch vụ năng lượng cơ bản cho một cộng đồng ngoài lưới điện. Nó cung cấp điện để thắp sáng vào ban đêm và cho phép cộng đồng sạc các thiết bị, như điện thoại di động. Các dịch vụ cơ bản như thế này có lợi ích kinh tế và xã hội rất lớn. Thực tế, việc cải tiến và cắt giảm chi phí trong công nghệ pin và năng lượng mặt trời có thể phủ nhận nhu cầu phát triển mạng lưới điện quốc gia. Nếu kết hợp lưới điện siêu nhỏ với mạng di động và Internet di động, bạn có thể nhảy cóc khỏi mạng lưới phải mất hàng chục năm để xây dựng ở các quốc gia khác. Những thành tựu khác, như hệ thống thanh toán không dùng tiền mặt, cho phép mọi người thanh toán hàng hóa chỉ bằng điện thoại di động và một loại nhân dạng liên quan đến dữ liệu sinh trắc học như dấu vân tay, có thể hoàn

toàn thay thế tiền mặt. Điều này cho phép các cộng đồng mới kết nối có thể đưa ra các khoản vay kinh doanh, hoặc chi trả cho hàng hóa và dịch vụ, từ đó tạo ra những cơ hội kinh tế mới. Có lẽ ở các nước không có lưới điện quốc gia, những tiến bộ này có thể đồng nghĩa với việc không bao giờ cần phải xây dựng một lưới điện như vậy.

Suy nghĩ từ góc độ toàn cầu

Tạm gác lại các cá nhân và cộng đồng, hãy suy nghĩ về năng lượng liên lục địa hoặc thậm chí toàn cầu. Tất nhiên, năng lượng đã ở sẵn quy mô toàn cầu, khi chúng ta di chuyển một lượng lớn tài nguyên giữa các quốc gia. Nhưng liệu có thể làm điều tương tự với điện?

Bằng nhiều cách, chúng ta đã làm rồi. Ví dụ, hầu hết các nước châu Âu đã được kết nối với nhau. Thậm chí các đơn vị liên kết còn kết nối được cả Anh với Pháp, Hà Lan và Ireland (cáp điện dưới biển và đường ống dẫn khí tự nhiên). Liệu chúng ta có thể làm điều đó trên một quy mô lớn hơn?

DESERTEC là một trong các đề xuất siêu mạng lưới điện. Ý tưởng đằng sau nó là tạo ra năng lượng tại các trang trại điện gió và mặt trời, cũng như các nhà máy tập trung năng lượng mặt trời (concentrated solar power plants, CSP) trong và xung quanh sa mạc Sahara, sau đó gửi lượng điện dư thừa sang châu Âu thông qua lưới điện cao thế mới (high voltage direct current, HVDC) đặt tại Tây Ban Nha và Ý. Cũng cần giải thích thêm về các nhà máy CSP này. Hãy tưởng tượng một cánh đồng

toàn những tấm gương hướng về một tòa tháp, giống như hội tụ ánh nắng mặt trời qua kính lúp. Trong trường hợp này, chùm tia năng lượng mặt trời được tập trung sẽ tạo ra nhiệt độ lên tới 1.000°C, làm quay tua-bin hơi giống như trong một nhà máy nhiệt điện truyền thống. Bất kỳ lượng nhiệt dư nào từ CSP cũng có thể được lưu trữ trong chiếc bể khổng lồ chứa muối nóng chảy. Nhiệt này sau đó có thể được dùng để tạo ra điện vào ban đêm.

Các nhà khoa học cũng đã hình dung đến việc đưa các tấm pin mặt trời vào không gian và chiếu chùm tia nhiệt trở lại Trái Đất. Nghe như cốt truyện của một bộ phim James Bond, nhưng khái niệm này đã xuất hiện như từ thập niên 1970. Nó có tên gọi là năng lượng mặt trời từ không gian (space-based solar power, SBSP) và hoàn toàn có cơ sở lô-gích. Khoảng 60% năng lượng mặt trời bị hao hụt khi đi qua bầu khí quyển của Trái Đất, vì vậy việc đặt các tấm pin bên ngoài bầu khí quyển sẽ giúp tăng đáng kể lượng năng lượng mặt trời thu được. Một khi bạn trả lời được câu hỏi làm thế nào để đưa các tấm pin mặt trời vào không gian, thách thức tiếp theo sẽ là làm thế nào để đưa năng lượng trở lại Trái Đất. Vi sóng hay tia laser hiện là các giải pháp khả thi nhất. Cuối cùng, bạn sẽ cần một cái gì đó để thu thập các chùm tia này – có thể là một anten chỉnh lưu (rectenna) – có đường kính khoảng vài kilômét, nhận các chùm tia và chuyển chúng thành năng lượng điện. Vậy nên, ngoài vấn đề 'chĩa' các chùm năng lượng nhiệt cao này vào Trái Đất, còn có một vấn đề nhỏ là giải quyết các khía

cạnh chính trị và kinh tế của nó – ai sẽ là người sở hữu và ai sẽ phải trả tiền mua năng lượng…

Một con đường dài...

Chúng ta vừa 'phi nước đại' qua tương lai của năng lượng. Thật ra, tất cả những chi tiết dự đoán này gần như chắc chắn sẽ … sai, nhưng tôi hy vọng rằng chúng giúp bạn hiểu tại sao mối quan hệ giữa con người với năng lượng có thể thay đổi trong tương lai, theo cách này hay cách khác.

Cho phép tôi dành lại cho bạn một thí nghiệm tưởng tượng.

Hãy tạm quên sự hoài nghi của bạn trong giây lát. Nếu năng lượng trở nên hoàn toàn miễn phí thì sao? Nếu không có dây cáp và đường ống dẫn khí thì sẽ thế nào? Điều gì sẽ xảy ra nếu bạn có thể lấy năng lượng từ không khí giống như cách ta vẫn làm với dữ liệu mà không cần tới dây dẫn? Điều này nghe khá xa xôi khó hiểu, nhưng nó là khả thi. Năng lượng miễn phí (hoặc siêu rẻ) có thể là năng lượng mặt trời (có thể được chiếu xuống từ không gian) siêu rẻ hoặc các loại năng lượng tái tạo khác, hoặc là cuối cùng chúng ta có thể phá vỡ chuỗi phản ứng tổng hợp hạt nhân (từ đó chúng ta bắt chước cách hoạt động của Mặt Trời trong một trạm điện trên Trái Đất). Truyền dẫn không dây phổ biến hơn bạn nghĩ. Bàn chải đánh răng chạy bằng điện và một số loại điện thoại di động đã sử dụng sạc cảm ứng, vậy nên một công nghệ tương tự có thể được áp dụng. Để tải điện qua

một khoảng cách lớn, chúng ta luôn có thể sử dụng chùm tia laser hoặc vi sóng như trong ví dụ về năng lượng mặt trời từ không gian. Tuy nhiên, tôi không muốn tập trung vào tính khả thi về mặt kỹ thuật hay kinh tế – mà là về cách thức những sự kiện này sẽ thay đổi cách chúng ta tương tác với năng lượng trong tương lai. Nếu năng lượng trở thành miễn phí, giống như không khí chúng ta hít thở hằng ngày, điều đó sẽ thay đổi mối quan hệ của chúng ta với nó như thế nào?

14
Giao thông Vận tải

John Miles

Giữa những chủ đề thách thức như Trí tuệ Nhân tạo, nhân khẩu học, kỹ thuật di truyền, và siêu nhân học, giao thông vận tải – với những hình ảnh trần tục về các xe buýt, tàu hỏa và sân bay đông đúc – có vẻ không phù hợp trong một cuốn sách đầy những câu hỏi quan trọng như 'Loài người rồi sẽ ra sao?' Tuy nhiên, về mặt lịch sử, giao thông vận tải đã có ảnh hưởng sâu sắc đến cách chúng ta sống và, với một chút óc tưởng tượng, chúng ta sẽ bắt đầu nhận ra tất cả các cách mà nó có thể tiếp tục làm ta ngạc nhiên và định hình cách sống của ta trong tương lai.

Nhu cầu cơ bản của con người nhìn chung là một danh sách tương đối ngắn, bao gồm thức ăn, nước uống, nơi ở, được bảo vệ khỏi các mối đe dọa từ môi trường và được yêu thương. Danh sách này không bao gồm giao thông vận tải. Nhưng dù không có mặt trong danh sách kinh điển về *nhu cầu* của con người, giao thông vận tải vẫn là một *nhân tố quyết định* trong nhiều giai đoạn quan trọng trong sự phát triển của nền văn minh hiện đại của

chúng ta. Việc phát minh ra bánh xe dẫn đến sự ra đời của xe kéo dùng động vật và từ đó đưa đến tất cả các dạng vận tải cơ giới khác, có thể xem là ví dụ đơn giản và điển hình nhất. Nhưng, song song với đó, việc xây dựng đường sá, kênh đào và đường sắt đã giúp xã hội phát triển theo cách không thể tưởng tượng được trước khi những khái niệm này xuất hiện. Bởi vậy, để nắm bắt được bước tiến lớn tiếp theo trong giao thông vận tải, trước tiên chúng ta cần hiểu cách thức và lý do tại sao lịch sử vận tải đường bộ, đường sắt và đường hàng không lại có ảnh hưởng sâu sắc lên cuộc sống con người đến thế.

Tính kinh tế, tốc độ, sức chứa và tính tiện lợi

Tiến bộ giao thông vận tải xuất hiện dưới nhiều hình thức khác nhau. Một số rất tuyệt vời (chẳng hạn như máy bay chở khách siêu thanh Concorde hay các sứ mệnh khám phá mặt trăng trên tàu không gian Apollo) và số khác thì rất 'bình thường' (như thuyền bè và dòng xe Model-T của Ford). Những ví dụ này cho thấy rằng tác động của các hình thức vận tải mới đối với sự phát triển của xã hội không liên quan đến tính phức tạp hay thông minh của công nghệ được nói đến, mà là sự phản ánh của một số tính chất cơ bản.

Chúng ta hãy xem xét ba thuộc tính cơ bản đặc trưng cho tất cả các hệ thống vận tải hoạt động hiệu quả. Đầu tiên là tính kinh tế (hoặc chi phí). Xã hội sẽ chẳng ưa chuộng thứ gì trừ phi nó có giá cả phải chăng và, về

mặt này, tính kinh tế là yêu cầu rõ ràng nhất cho một hệ thống giao thông hiệu quả. Hai thuộc tính quan trọng khác là thời gian di chuyển (tốc độ) và khả năng vận tải (sức chứa).

Có lẽ, nguyên nhân lịch sử lớn nhất cho sự đổi mới trong giao thông đến từ quân đội. Đối với quân đội, chi phí trở nên không quan trọng miễn là những lợi thế về tốc độ và sức chứa được đảm bảo. Đây chính là lý do mà người La Mã thường không ngại tốn kém khi xây dựng đường đi cho phép số lượng lớn quân đội và thiết bị quân sự di chuyển nhanh chóng từ căn cứ này sang căn cứ khác. Làm như vậy, Đế chế La Mã tạo nên kết nối giữa các thị trấn mà sau này sẽ trở thành hệ thống huyết mạch để phát triển kinh tế – đầu tiên trong phạm vi khu vực và sau là toàn quốc và khắp lục địa. Câu chuyện tương tự cho giao hàng. Trong cả hai trường hợp, lý do ban đầu này là lợi thế quân sự, nhưng hệ quả (và thực ra, lớn hơn nhiều) là con người và hàng hóa cũng có thể di chuyển dễ dàng hơn. Theo thời gian, lợi thế này dẫn đến việc tăng cường giao dịch trên những khoảng cách xa hơn và nhờ đó phát triển kinh tế rộng lớn hơn – trên phạm vi khu vực, quốc gia và quốc tế. Cuối cùng, bạn sẽ thấy được liên hệ rõ ràng giữa sự phát triển của các hệ thống giao thông đường bộ và đường biển với việc thành lập các quốc gia, đế quốc và các khối thương mại. Nhưng sự chuyển đổi từ nhu cầu quân sự sang động lực kinh tế không hề tự động xảy ra. Chúng ta chỉ cần nhìn vào lịch sử của máy bay siêu thanh để thấy rằng, trong

một số trường hợp, máy bay biểu diễn xuất sắc thường ít nhiều không liên quan đến quy luật phát triển kinh tế xã hội hệ quả. Concorde đã không trở thành giải pháp vận tải phổ biến mà những người chế tạo nó hy vọng. Tại sao lại thế?

Theo quan điểm của tôi, câu trả lời là nó không kết hợp hiệu quả ba thuộc tính của vận tải – chi phí, thời gian và sức chứa. Lợi thế về thời gian di chuyển (tốc độ) cao hơn rất nhiều, nhưng lợi thế này không đủ để bù lại chi phí cực lớn để đưa một hành khách đi xa trên một dặm, cũng như không thể bù được sức chứa rất thấp (với tối đa 128 hành khách mỗi chuyến bay). Trong thực tế, chiến thắng cuối cùng thuộc về máy bay phản lực, số lượng hành khách trên mỗi chuyến bay tăng đồng nghĩa với việc giảm chi phí vận chuyển hành khách/dặm và tăng sức chứa chung của toàn hệ thống (mặc dù tốc độ chậm hơn).

Máy bay phản lực có thể đưa con người đi một quãng đường dài rất hiệu quả, nhưng nó lại không hiệu quả như vậy với hàng hóa. Việc vận chuyển hàng hóa trên toàn thế giới trở nên hiệu quả hơn nhiều nhờ vận tải đường biển, với lợi thế cực kỳ cao theo đơn vị về chi phí (trong trường hợp này là giá vận chuyển mỗi tấn hàng đi một kilômét) và sức chứa (tính theo đơn vị tấn theo ngày hoặc năm), nhưng lại rất kém về mặt thời gian di chuyển. Trước khi máy bay xuất hiện, con người không có lựa chọn di chuyển liên lục địa nào khác ngoài đường biển, vì vậy tàu biển chở khách đã có một số thành công nhất

định. Nhưng thời gian di chuyển quá dài, đến mức gần như tất cả các chuyến đi là một chiều, chỉ trừ các trường hợp đặc biệt. Điều này dẫn điến việc di cư từ châu Âu đến Mỹ, Canada, Nam Phi, Úc,... và nó cũng tạo điều kiện di chuyển theo hướng ngược lại từ các thuộc địa cũ sang châu Âu. Bởi vậy vận tải đường biển có tác động rất lớn đến sự phát triển của xã hội hiện đại. Tuy nhiên, ngày nay điều đó đã trở thành quá khứ. Tàu biển sẽ không thể tự do di chuyển hai chiều như máy bay. Vậy nhưng, riêng với các loại hàng hóa không tự phân hủy, thời gian di chuyển không ảnh hưởng nhiều. Kết quả là, ngành vận tải đường biển vẫn rất quan trọng đối với việc vận chuyển hàng hóa. Sự xuất hiện của ngành vận chuyển hàng hóa bằng container và việc chế tạo các tàu vận tải cực lớn đã dẫn đến sự tăng trưởng trong việc vận chuyển hàng hóa liên lục địa, và điều này đã trở thành một trụ cột lớn cho toàn cầu hóa.

Trong khi chi phí, thời gian và sức chứa có thể là những thước đo chính xác để đánh giá các phương tiện giao thông vận tải trong quá khứ, nhưng chúng có thể không phải là thước đo phù hợp để sử dụng trong tương lai. Trọng quá khứ, chúng ta có thể chọn đi làm hằng ngày bằng tàu hỏa vì nó nhanh hơn đi bằng xe hơi – và bạn còn có thể làm được một số việc riêng trong thời gian di chuyển. Nhưng nếu trong tương lai, bạn vẫn có thể làm việc ngay trên xe hơi, vì chúng ta đều được kết nối qua điện thoại di động và Internet, và chiếc xe sẽ tự lái chính nó, khi đó bạn có thể thay đổi suy nghĩ của mình.

Nói cách khác, sự xuất hiện của điện thoại di động, máy tính di động và các hệ thống điều khiển tự động có thể kết hợp lại với nhau khiến quyết định lựa chọn phương tiện đi lại chuyển sang *tính thuận tiện* thay vì tiết kiệm *thời gian*. Theo tôi, cách mà các công nghệ có thể kết hợp với nhau làm biến đổi cách tư duy của con người về di chuyển là một cuộc cách mạng trong lịch sử giao thông vận tải, đồng thời nhấn mạnh năng lực tiềm ẩn của cuộc cách mạng kỹ thuật số.

Vậy các yếu tố nào có thể là đặc trưng cho khả năng di chuyển trong tương lai của chúng ta và con cái của chúng ta?

Tác động môi trường

Hiện tại, lượng khí thải cacbon trung bình của việc di chuyển ở Anh là khoảng 100 gam cacbon điôxit/hành khách/kilômét. Các chính sách của chính phủ đang tập trung làm giảm con số này xuống nhiều lần, và ở nhiều nước hiện đã có yêu cầu pháp lý để làm giảm tổng khí thải cacbon quốc gia xuống bằng 20% lượng khí thải năm 1990 vào năm 2050. Vì nhiều khả năng là một số dạng tiêu thụ năng lượng không bao giờ có thể đạt đến mức này (ví dụ như vận tải hàng không), vận tải đường bộ cần phải hiệu quả hơn. Đối với vận tải đường bộ, liệu chúng ta có thể đạt mức 10% của năm 1990, hoặc thậm chí là không còn khí thải cacbon điôxit vào năm 2050?

Hầu hết các nhà bình luận đều đồng ý rằng, về lâu dài, động cơ đốt trong cũng sẽ sớm trở nên lạc hậu.

Thế nên, cánh cửa cơ hội đã mở ra cho những con người giàu trí tưởng tượng. Lấy sự xuất hiện của công ty xe hơi Tesla, một nhóm các doanh nhân và kỹ sư có tầm nhìn về các loại phương tiện vận chuyển cá nhân xanh sạch nhưng thú vị, khởi nghiệp từ con số 0 tại Thung lũng Silicon vào năm 2003 làm ví dụ. Sau bước khởi đầu chậm chạp, và sự gia nhập sau này của doanh nhân nổi tiếng Elon Musk, công ty này đã sản xuất thành công một dòng xe điện chạy bằng pin và hiện đang bán được 100.000 xe mỗi năm. Vào thời điểm tôi viết bài này, giá trị cổ phiếu của Tesla đã vượt qua Ford – một sự kiện mà cách đây không lâu được xem là không thể. Đây là một minh họa tuyệt vời về những bước đột phá mới trong công việc – các công ty chưa từng có lịch sử trong ngành công nghiệp xe hơi từ chối chơi theo luật định sẵn. Điều này chẳng thể xảy ra vào bất kỳ thời điểm nào trong khoảng thời gian 70 năm từ khi các công ty tiên phong trong sản xuất xe hơi hợp nhất cho đến tận ngày nay, bởi vì ngay cả những 'dân chơi tay ngang' giàu có nhất cũng sẽ không bao giờ có ví đủ dày để vượt qua các rào cản để gia nhập ngành. Nhưng các 'công ty công nghệ' theo phong cách cá nhân thì khác; trong Thung lũng Silicon, họ có khả năng gọi vốn nhờ chia cổ phần. Do đó sự vươn lên của Tesla trong sản xuất xe hơi cũng mở ra cơ hội thay đổi hoàn toàn trong ngành công nghiệp. Dù những kẻ với công nghệ đột phá này cuối cùng sẽ phá sản hay thành công trong cuộc chơi bài ngửa với ngành công nghiệp xe hơi truyền thống thì họ cũng đã tạo ra

tác động sâu rộng và dài lâu. Trong vài năm qua, hầu như tất cả những tập đoàn lớn đều tuyên bố có ý định sản xuất một loại xe hơi chạy bằng điện, và có vẻ họ sẽ thực hiện lời hứa đó sớm thôi.

Tại thời điểm này, tính tiện lợi và sức chứa của xe điện hầu như không khác biệt so với xe sử dụng động cơ đốt trong nhiên liệu hóa thạch, còn tính kinh tế (chí ít là lúc này) thì kém hơn nhiều. Vậy nên, cho dù tiến bộ này có nhiều khả năng dẫn đến việc thay thế dần dần các loại xe hơi thông thường bằng các loại xe chạy bằng pin khi giá pin giảm bớt, nó vẫn không thể thay đổi mạnh bối cảnh kinh tế-xã hội của chúng ta. Tuy nhiên, một số khía cạnh trong sự xuất hiện của những kẻ đột phá đổi mới khác có thể có tác động kinh tế-xã hội lớn hơn nhiều, tôi sẽ đề cập vấn đề này sau.

Giao thông công cộng và Chuyển động thông minh

Cuộc cách mạng kỹ thuật số đã mở rộng nhận thức của mọi người về phương tiện giao thông công cộng, và khái niệm 'chuyển động thông minh' (intelligent mobility) đã xuất hiện như một sự minh triết được chấp nhận trong giới chuyên gia vận tải. Điều này có nghĩa là việc du hành chỉ bằng xe hơi hay xe buýt hoặc tàu hỏa nay được thay thế bằng ý tưởng hành khách có thể đi từ A đến B bằng cách kết hợp bất kỳ phương tiện vận chuyển công cộng sẵn có nào. Kết quả – cái được gọi là 'hành trình đa phương thức' (multimodal journey) – đã luôn là chén thánh của các nhà quy hoạch vận tải, nhưng trong

quá khứ, người ta đã phát hãi, vì ý tưởng phải đứng nửa giờ dưới mưa đợi xe buýt, hoặc đi bộ nửa dặm đến ga tàu điện ngầm gần nhất, là quá mệt mỏi đối với một hành khách bình thường. Đối với hầu hết người đi làm trên khắp thế giới, giao thông công cộng được coi là hình thức đi lại tồi tệ nhất, nên tránh sử dụng, trừ phi không có sự lựa chọn nào khác, và vì thế xe hơi đã trở thành lựa chọn mặc định của những ai có đủ tiền chi trả bất chấp vấn đề ùn tắc giao thông, những khó khăn trong việc đỗ xe và những bất tiện khác.

Trong thế giới mới tươi đẹp của chuyển động thông minh, giao thông công cộng có thể được nhìn nhận dưới ánh sáng mới. Triển vọng rằng hệ thống thông tin của hành khách sẽ kết nối với hệ thống giao thông công cộng linh hoạt, theo yêu cầu, từ xe lửa hay xe buýt đến xe đạp, có thể ngụ ý rằng những điểm chuyển tiếp theo hành trình sẽ không còn chậm trễ và không chắc chắn. Phương tiện giao thông công cộng đột nhiên có khả năng cung cấp dịch vụ di chuyển từ điểm này đến điểm kia nhanh chóng và đáng tin cậy mà không phải lo lắng đến việc lái xe trong các tình huống đầy căng thẳng qua những con đường đông nghẹt hoặc phải vật lộn tìm chỗ đậu xe một khi đã đến nơi.

Xe tự động

Sự phát triển ngày càng nhanh chóng của các phương tiện tự động là một lĩnh vực khác mà những kẻ đột phá đang đe dọa trật tự đã thiết lập trong ngành công nghiệp

xe hơi. Sự xuất hiện của Google, Apple và Uber trên thị trường đang tạo ra nhiều căng thẳng. Xin nhắc lại, việc các công ty này cuối cùng có thay thế được các tay chơi truyền thống hay không không quan trọng; họ đã tạo ra một sự thay đổi lớn trong hướng đi của ngành công nghiệp, và họ sẽ để lại dấu ấn của mình trong tương lai nhờ nó. Người chiến thắng trong cuộc đua cung cấp chiếc xe tự động hoàn toàn đầu tiên có thể giành được một giải thưởng khoa học nào đó, nhưng điểm mấu chốt là cuộc đua đã bắt đầu và cả các công ty truyền thống lẫn các công ty mới nổi đều đang tăng tốc.

Công nghệ này rõ ràng có tiềm năng để thay đổi cuộc chơi vì hai lý do. Tại nhiều thành phố phát triển và đang phát triển, từ New York đến Mumbai, luôn xảy ra ùn tắc giao thông nghiêm trọng, và áp lực đang ngày càng đè nặng lên các chính trị gia cũng như các ngân sách công nhằm mở rộng đường bộ và đường sắt. Việc xây dựng cơ sở hạ tầng mới rất tốn kém và bất tiện, thời gian để lập kế hoạch và triển khai nó có thể kéo dài hàng chục năm. Tuy nhiên, một vài tính toán đơn giản cho thấy rằng các phương tiện tự động có thể giúp cải thiện rõ rệt tình hình, nhờ kiểm soát làn đường tốt hơn, giảm khoảng cách giữa các xe và ít gây ra tai nạn nhỏ do tài xế không chú ý. Những lợi ích này có thể dễ dàng bù đắp cho số lượng các chuyến đi ngày một tăng vốn phát sinh không nghi ngờ gì từ việc sử dụng chung các hệ thống xe tự động. Việc giảm ùn tắc giao thông cũng có ý nghĩa tương tự như tăng sức chứa vận tải, và hứa hẹn về sức

chứa tăng mạnh mà chỉ cần rất ít vốn đầu tư và hầu như không có gì bất tiện là mục tiêu đáng ra sức theo đuổi.

Lý do thứ hai tại sao hành khách nên xem trọng phương tiện tự động là lời hứa về 'thời gian phục hồi' (time recovery). Thuật ngữ này đề cập đến thực tế rằng một khi chiếc xe tự lái, tài xế có thể tự do sử dụng thời gian trống cho các mục đích khác. Họ có thể làm công việc văn phòng, giải trí hoặc chỉ đơn giản là thư giãn/ngủ. Mỗi lựa chọn này đều có tác dụng loại bỏ sự khó chịu của một hành trình chậm chạp. Nếu có thể sử dụng thời gian di chuyển để làm điều gì đó mà bạn cho là đáng làm, bạn sẽ chẳng có lý do gì để lo lắng nếu chuyến đi lâu hơn dự định, đặc biệt là nếu hệ thống thông tin có thể báo trước về sự chậm trễ, và cập nhật cho bạn mọi thứ khi bạn dần di chuyển tới điểm đến.

Vậy đến khi nào những ngôi sao thực sự của tương lai mới xuất hiện? Câu trả lời trung thực nhất là tôi không biết. Nhưng có một số ứng viên thú vị và tôi có thể đưa ra một số dự đoán.

Thứ nhất, sự thống trị của xe hơi trong những chuyến đi tương đối ngắn ở nội và ngoại ô sẽ giảm dần (mặc dù không bị loại bỏ hoàn toàn). Đó là vì các thang bậc được cải thiện rõ rệt của dịch vụ vận tải công cộng mà có thể được cung cấp như những giải pháp chuyển động thông minh bắt đầu phát triển. *Tính tiện lợi* khi sử dụng hệ thống giao thông công cộng sẽ tăng lên đáng kể, kéo theo đó là sức chứa gia tăng, và hệ quả trực tiếp là chi phí cho mỗi hành khách trên mỗi hành trình sẽ

giảm mạnh (giống như chuyện ta đã thấy với máy bay phản lực trong vận tải hàng không). Yếu tố quan trọng cho sự thành công trong trường hợp này, tất nhiên, là phương tiện giao thông công cộng sẽ cung cấp một phương thức hấp dẫn hơn để di chuyển từ A đến B so với xe riêng. Thu hút hành khách nhờ việc cung cấp dịch vụ công cộng tốt hơn là một cách tuyệt hơn nhiều so với việc đe dọa sẽ phạt nếu họ tiếp tục sử dụng hình thức vận tải yêu thích của mình (hiện tại là xe hơi). Để tạo ra một dịch vụ vận tải công cộng hấp dẫn hơn, cần đảm bảo rằng các chuyến đi đều đáng tin cậy, liền mạch, đa phương thức, và trong đó những bất tiện của việc thay đổi phương thức di chuyển sẽ được bù đắp nhờ những ưu điểm của việc không còn căng thẳng do tắc đường và đỗ xe.

Thứ hai, sự thống trị của xe hơi trong những chuyến đi dài hơn (5-300 km) sẽ được tăng cường, thay vì giảm đi. Đây là kết quả của việc các phương tiện tự động có mặt trên thị trường, có nghĩa là chúng ta sẽ có được sức chứa tăng đáng kể và giảm thiểu tai nạn giao thông, ta sẽ có được cả hai mà không đặt thêm gánh nặng lên ngân sách nhà nước. Mặc dù sự tăng cường này không 'biến đổi' quá nhiều môi trường kinh tế xã hội hiện tại của chúng ta nhờ giảm thiểu những khó khăn hiện tại, thế nhưng nó vẫn là một bước phát triển quan trọng.

Dự đoán thứ ba của tôi liên quan đến viễn cảnh tuyệt vời của phương tiện giao thông cận siêu thanh trên đất liền ('Hyperloop'). Ý tưởng này đã xuất hiện trên

trang nhất của rất nhiều tờ báo kể từ khi nó được Elon Musk đề xuất lần đầu vào năm 2013. Cơ bản thì nó là chiếc máy bay điện trong một cái ống. Hãy tưởng tượng những hiệu quả mà một dịch vụ vận tải siêu nhanh và thường xuyên giữa các thành phố xa xôi có thể có, nếu tần suất và thời gian đi lại tương tự như tần suất của một hệ thống metro đô thị hiện đại. Ở Anh, thời gian chúng ta di chuyển giữa hai thành phố London và Manchester có thể được rút ngắn bằng thời gian di chuyển giữa hai trạm Waterloo và Edgware trên đường tàu phía bắc của hệ thống tàu điện ngầm London Underground; tương tự, Musk cũng từng đề cập đến việc đi từ San Francisco đến Los Angeles trong 45 phút. Thành tựu này sẽ mang lại hiệu quả kinh tế tương tự ở quy mô quốc gia như hiệu quả của London Underground hay Paris Metro ở quy mô thành phố – cụ thể hơn, toàn bộ khu vực sẽ bắt đầu hoạt động như một nền kinh tế đơn nhất và đồng nhất. Ví dụ, nó có thể giải quyết những khó khăn do sự phân chia Bắc-Nam ở Anh và lan truyền các lợi ích thu được ra toàn quốc. Các lập luận tương tự có thể áp dụng cho các quốc gia có quy mô vận tải vừa và nhỏ khác. Nhưng – giống như Concorde – nó sẽ chỉ hoạt động nếu chúng ta có thể đạt được cả ba: chi phí thấp, sức chứa cao và thời gian di chuyển rất ngắn. Nếu không, nó sẽ chỉ là một giải pháp nhỏ lẻ thích hợp cho hành khách với thị hiếu đắt tiền – một mô hình khó có cơ hội thay đổi trật tự kinh tế xã hội.

Ngoài những tiến bộ này, tôi vẫn chưa thấy có điều

gì khác có thể hoàn toàn thay đổi lối sống con người. Không nghi ngờ gì, các phương tiện giao thông ít phát thải (thậm chí không phát thải) sẽ còn phát triển hơn nữa, nhưng bản thân chúng sẽ không thay đổi cách sống của chúng ta. Sẽ có các tiến bộ trong công nghệ hàng hải, nhưng trong khi các thông số về chi phí và sức chứa có thể tiếp tục được cải thiện, thì bất lợi cơ bản về thời gian vận chuyển nhiều khả năng không thể thay đổi được. Vì vậy, hình thức vận tải này sẽ tiếp tục bị máy bay làm lu mờ chừng nào máy bay còn được sử dụng. Ngược lại, trong ngành vận tải hàng không, máy bay thông thường sẽ được cải tiến nhỏ lẻ liên tục nhưng nếu không có sự thay đổi đáng kể về sức chứa và thời gian bay (không tăng chi phí hành khách), thay đổi sâu rộng sẽ không xảy ra. Và tiềm năng để đạt được một sự thay đổi lột xác trong việc vận tải hàng hóa bằng đường hàng không sẽ phụ thuộc vào khả năng chế tạo các phi thuyền với sức chứa tương tự một tàu biển rất lớn – một triển vọng rất khó xảy ra.

Tất nhiên, giao lộ vận tải cuối cùng là không gian (xem thêm Chương 16). Nhưng bây giờ, khi đã quen thuộc với các nguyên tắc chi phí/tiện lợi/sức chứa, tôi sẽ để bạn tự tìm ra kết quả của sự kết hợp này, bởi vì dù câu trả lời có là gì đi nữa, nó sẽ có tác động lâu dài lên cuộc sống của chúng ta...

15
Rô-bốt học

Noel Sharkey

Tương lai của mối quan hệ giữa con người với rô-bốt có thể diễn ra theo nhiều kịch bản. Một số rất có lợi cho nhân loại, số khác đơn giản là thảm họa phản địa đàng (dystopia). Chẳng thể biết đích xác tương lai nào sẽ xảy ra, đây thực sự là một lĩnh vực với thật nhiều quả cầu pha lê và những ẩn dụ khoa học viễn tưởng. Giữa những hỗn loạn, trong khi các chính phủ bắt đầu hau háu dõi theo ngành công nghiệp có tiềm năng hàng tỉ USD để thúc đẩy nền kinh tế của họ, có những vấn đề quan trọng cần được giải quyết ngay trước khi chiếc hộp Pandora này mở cho các doanh nghiệp thương mại.

Chúng ta đã bước vào giai đoạn đỉnh cao của cuộc cách mạng rô-bốt được vài năm nay. Kể từ thập niên 1950, rô-bốt đã bắt đầu làm việc trong các nhà máy: sơn xe hơi, đóng gói thành phẩm, làm nhiều công việc tay chân và lặp đi lặp lại nhanh hơn con người. Nhưng giờ đây, những rô-bốt này đang bị thế hệ 'rô-bốt dịch vụ' mới thay thế đồng loạt. Đây là những rô-bốt hoạt động trong các lĩnh vực bên ngoài nhà máy, từ y tế đến

chăm sóc trẻ em và người cao tuổi; từ nấu nướng và chuẩn bị thức ăn đến chế biến và phục vụ cocktail; từ làm sạch nhà cửa đến trồng trọt và chăn nuôi; từ thực hiện nhiệm vụ của cảnh sát, cơ quan an ninh hoặc tấn công trong các cuộc xung đột vũ trang cho đến theo dõi và khắc phục thiệt hại của biến đổi khí hậu; từ rô-bốt phẫu thuật đến rô-bốt chăm sóc và bảo vệ các loài sinh vật đang bị đe dọa.

Đây là thời điểm hoàng kim của ngành công nghiệp. Sự hấp dẫn từ những thị trường quốc tế mới nổi đang thúc đẩy các chính phủ và tập đoàn xem ngành rô-bốt học như một động lực kinh tế mạnh mẽ và kinh phí đang bắt đầu được đổ vào để phát triển chúng. Nhiều công ty và doanh nghiệp khởi nghiệp đang tạo ra vô số các ứng dụng rô-bốt mới trong những gì đang trở thành một thị trường cạnh tranh cao giúp dẫn dắt sự đổi mới.

Phần lớn những gì xảy ra tiếp theo sẽ phụ thuộc vào các quy định quốc tế và vào việc liệu các kỹ sư và các công ty đang phát triển và sản xuất rô-bốt có sử dụng cách tiếp cận có trách nhiệm với xã hội hơn hay không. Ngoài ra, việc thúc đẩy nhiều, dù không phải tất cả, các hoạt động phát triển đòi hỏi sự tin tưởng của người tiêu dùng. Không có nó, tiến độ sẽ chậm hơn rất nhiều và các nhà đầu tư sẽ phải gánh thua lỗ.

Công nghệ tự lái

Vào một ngày nóng nực ở Sa mạc Mojave bang Nevada năm 2005, một chiếc Volkswagen Touareg không người

lái đã đi vào nhiều cuốn sách lịch sử, giành được giải thưởng trị giá 2 triệu USD. Đây là chiếc xe đầu tiên vượt qua vạch đích trong Thử thách DARPA, một cuộc đua trong sa mạc dài 213 km mà chiếc xe, tên là Stanley, đã mất 6 giờ 53 phút 8 giây để hoàn thành. Năm chiếc xe không người lái khác cũng đã đến được vạch đích chỉ vài phút sau đó.

Đây là một bước tiến phi thường trong lĩnh vực rô-bốt học (robotics). Trong Thử thách DARPA một năm trước đó, đoạn đường xa nhất mà 15 chiếc xe dự thi có thể đạt được là 7,1 dặm, tức là còn 124,9 dặm mới đến đích. Nhóm chiến thắng cuộc thi đã nhanh chóng nhận được tài trợ từ Google và bắt đầu phát triển dòng xe Google Self-Driving Car (SDC) nổi tiếng.

Giờ đây có rất nhiều công ty tham gia cạnh tranh trong thị trường vận tải mới này. Đã có những chiếc xe tải tự lái hằng ngày chuyên chở vật liệu khỏi những khu mỏ ở miền Bắc Australia. Ngoài ra còn có những máy kéo tự lái được sử dụng để sản xuất thực phẩm hiệu quả hơn, hay xe buýt tự lái được thử nghiệm ở Mỹ, Đan Mạch và Nhật. Uber cũng đã bổ sung các xe tự lái vào đội xe taxi của mình ở Mỹ. Tất nhiên, ở tương lai gần, tất cả các phương tiện tự lái này vẫn sẽ cần có một tài xế con người để có thể can thiệp nếu cần.

Một động lực lớn thúc đẩy công nghệ tự lái là niềm tin rằng những chiếc xe tự lái sẽ làm giảm đáng kể số người chết do tai nạn giao thông. Lập luận ở đây là chúng sử dụng cảm biến để phát hiện những chiếc xe

khác cũng như người đi bộ một cách nhanh chóng và đáng tin cậy hơn so với khi con người lái xe và do đó có khả năng tránh tai nạn tốt hơn. Ngoài ra, một chiếc xe rô-bốt sẽ không buồn ngủ, không say rượu và sẽ không bị phân tâm bởi một đứa trẻ la hét ở ghế sau.

Nhưng không phải ai cũng bị thuyết phục bởi lập luận này. Phát biểu sau khi Nevada sửa đổi luật của bang để cho phép sử dụng xe tự lái, Sĩ quan Chuck Allen từ Cục Cảnh sát Đường Cao tốc Nevada nói, 'Khi bạn giao phó an toàn của người khác vào tay những cỗ máy có quyền quyết định tốc độ và đường đi của bạn, sẽ có một số lo ngại nhất định'. Dù tai nạn do xe tự lái là rất hiếm gặp, đã có một số trở ngại nghiêm trọng, và một vài tai nạn chết người. 'Tài xế' vẫn cần cảnh giác và tập trung để sẵn sàng tiếp quản tay lái trong trường hợp xảy ra tình huống không lường trước được, ví dụ nếu xuất hiện tín hiệu nhường đường tạm thời, những điều may rủi chỉ có thể được diễn giải một cách chính xác bởi con người, hoặc ví dụ một cảnh sát ra hiệu đi chậm lại vì một sự cố nào đó phía trước. Nhưng việc dành hàng giờ chẳng làm gì ngoài quan sát có thể dẫn đến 'sự thiên vị tính tự động', khi mà tài xế tin tưởng và phụ thuộc hoàn toàn vào chiếc xe, và do đó, không được chuẩn bị cho bất kỳ rủi ro nào phát sinh.

Bên cạnh đó là những câu hỏi đạo đức, chẳng hạn như một chiếc xe không người lái nên làm gì trong trường hợp phải lựa chọn. Nó có nên đâm vào ông cụ già trên xe đạp thay vì người phụ nữ mang thai với hai

con nhỏ trong chiếc xe hơi còn lại, hay là tránh tất cả bằng cách quay vào tường và tự giết chết hành khách của chính mình? Mặc dù những câu hỏi này rất thú vị, nhưng chúng vượt quá những khả năng cảm biến hiện tại. Ngoài khả năng phát hiện chính xác, chiếc xe sẽ phải 'hiểu rõ' bề mặt con đường và liệu có cái gì đó bị đổ trên mặt đường hay không. Cảm biến sẽ cần phải làm cả những điều không thể khi 'cảm nhận' những gì bị ẩn đi.

Sẽ cần đến một vài năm để giải quyết tất cả những khó khăn này, nhưng chúng ta có thể mong đợi rằng hệ thống đường cao tốc đã thay đổi đáng kể vào năm 2050. Chúng ta có thể giảm thiểu rõ rệt số vụ tai nạn nếu tách con người hoàn toàn khỏi vòng luẩn quẩn này, các xe hơi sẽ liên lạc trực tiếp với nhau và với các cảm biến trên đường để cảnh báo lẫn nhau về tai nạn phía trước và tự động phản ứng với tình huống trước mắt. Tất nhiên, nhược điểm sẽ là chúng rất dễ bị hack.

Rô-bốt gia đình

Ngay cả khi chúng có xu hướng là những công nghệ kém hơn, sự thật là rất nhiều người trong chúng ta đã sở hữu một rô-bốt gia đình. Chúng trông không giống những người hầu từ thế giới khoa học viễn tưởng kiểu C-3PO[1]. Một số thậm chí còn trông giống như Đĩa bay Frisbees có bánh xe, chuyên làm các nhiệm vụ tẻ nhạt

1. Nhân vật rô-bốt trong series phim *Star War*, có hình dạng như con người thật.

mà ít ai muốn làm như hút bụi, lau cửa sổ, lau sàn, dọn máng xối và cống rãnh.

Theo Liên đoàn Robotics Quốc tế (International Federation of Robotics, IFR), đã có 4,7 triệu rô-bốt được bán ra cho mục đích cá nhân và sinh hoạt trong năm 2014. Năm 2015, con số này tăng lên 5,4 triệu với doanh thu trị giá 2,2 tỉ USD. Và thị trường toàn cầu khổng lồ này dường như không có dấu hiệu co lại: IFR dự đoán sẽ có khoảng 42 triệu rô-bốt được bán ra trong giai đoạn 2016-2019 (và đây là một ước tính thận trọng).

Trong gia đình tương lai, con người sẽ chứng kiến ngày càng nhiều các nhiệm vụ như dọn dẹp và giặt giũ được rô-bốt thực hiện. Ngoài ra còn có những tiến bộ mới, chẳng hạn như rô-bốt ủi và gấp gọn quần áo, hoặc có thể tự tìm quần áo bẩn, bỏ chúng vào máy để giặt và sau đó đem phơi. Những rô-bốt này chưa thể xuất hiện ngay, nhưng chúng ta có thể mong đợi chúng trong nhà mình sau khoảng 20-30 năm tới, hoặc có thể sớm hơn.

Cũng đã có những bước tiến vượt bậc trong nhóm rô-bốt được phát triển cho lĩnh vực nấu ăn chuyên nghiệp, chẳng hạn như làm bánh burger, pizza và sushi. Và tất nhiên cũng có những rô-bốt có thể pha chế cocktail nhanh không tin nổi. Chẳng cần đến trí tưởng tượng để biết được rằng những loại rô-bốt này sẽ giảm giá nhanh chóng trong vòng hai thập niên tới và có thể có mặt trong mọi gia đình.

Tôi gọi đây là phần 'ngu ngốc' của ngành rô-bốt học bởi vì nó chỉ giải quyết những nhiệm vụ kém cỏi, tẻ nhạt,

lặp đi lặp lại hằng ngày mà gần như đã chiếm toàn bộ cuộc sống gia đình. Nhưng câu chuyện sẽ bớt ngu ngốc đến thế nếu nó ngụ ý rằng chúng ta có thể thư giãn và có các rô-bốt hoạt động như một phần ngôi nhà 'Internet Vạn Vật' của chúng ta (xem thêm Chương 8). Tuy nhiên, vấn đề lớn là, trừ phi bạn sống trong cung điện, không thì gần như sẽ không có chỗ cho tất cả các thiết bị này trong nhà bạn. Bước tiến lớn thực sự mà chúng ta cần tới để giải quyết toàn bộ những việc này sẽ là rô-bốt đa năng. Tuy nhiên, chưa có dấu hiệu nào cho thấy việc này sẽ xảy ra. Dù vậy, hãy nghĩ về ngôi nhà thông minh trong tương lai với rô-bốt được kết hợp trong các thiết bị, hoặc gắn liền trong cấu trúc nhà. Chẳng hạn một cái bếp có thể phát hiện rằng bạn đã rời khỏi phòng 20 phút trước đó và tự động tắt bếp bên dưới chiếc chảo chiên của bạn.

Rô-bốt chăm sóc sức khỏe

Số lượng rô-bốt được sử dụng để hỗ trợ chăm sóc sức khỏe đã tăng lên nhanh chóng trong mười năm qua. Năm 2014, con số các rô-bốt trợ giúp cho người già và người khuyết tật đã tăng lên gấp sáu lần so với năm trước đó, theo Liên đoàn Rô-bốt học Thế giới (World Federation of Robotics). Đây là điều có thể có ảnh hưởng rất tích cực nếu chúng ta làm đúng – hoặc tiêu cực nghiêm trọng nếu chúng ta làm sai.

Những gì chúng ta cần thận trọng là sự phát triển của rô-bốt 'vú em'. Một số nhà sản xuất ở châu Á đã

cố gắng hiện thực hóa ước mơ này. Những rô-bốt này được trang bị trò chơi điện tử, câu đố, nhận dạng khuôn mặt và giọng nói, cùng với khả năng trò chuyện được giới hạn nhằm thu hút sự quan tâm và chú ý của trẻ trước tuổi đến trường. Người ta thiết kế màn hình và hệ thống âm thanh giám sát cho người chăm sóc để giữ cho trẻ không bị hại. Những rô-bốt này cực kỳ hấp dẫn đối với các bậc cha mẹ luôn bận rộn vì công việc và giá của chúng đang có xu hướng giảm. Một số cha mẹ thậm chí còn mua những con rô-bốt rẻ hơn, chẳng hạn như dòng rô-bốt Hello Kitty, giá khoảng 3.000$/con.

Vấn đề già hóa dân số đã tạo ra một động lực còn lớn hơn cho sự phát triển các loại rô-bốt giúp chăm sóc cho những người cao tuổi ốm yếu. Nhật Bản đang trên đường cung cấp dịch vụ rô-bốt hỗ trợ chẳng hạn như như rô-bốt cho ăn tự động 'My Spoon' của Secom, rô-bốt bồn tắm tự động của Sanyo, rô-bốt Wakamura của Mitsubishi sẽ theo dõi, gửi các thông điệp và nhắc nhở bệnh nhân uống thuốc, và rô-bốt RI-MAN của RIKEN có thể bế người già và làm theo các lệnh thoại đơn giản. Châu Âu và Mỹ cũng đang phải đối mặt với vấn đề già hóa dân số tương tự và giờ đây đang theo bước của người Nhật.

Như với bất kỳ công nghệ đang nổi lên nhanh chóng nào, chúng ta cần cân nhắc các rủi ro và vấn đề đạo đức. Nhiều ứng dụng rô-bốt cho trẻ em và người già có thể mang lại lợi ích đáng kể. Đối với người cao tuổi, việc chăm sóc bằng công nghệ rô-bốt có tiềm năng giúp

những người mắc chứng mất trí hoặc các triệu chứng lão hóa não khác trở nên độc lập hơn rất nhiều. Điều này giúp những người già dễ bị tổn thương không nhất thiết phải tới viện dưỡng lão. Đối với trẻ em, rô-bốt đã được chứng minh là hữu ích cho trẻ thuộc nhóm có nhu cầu đặc biệt.

Giá trị tương tác tự nhiên của rô-bốt giúp chúng trở thành công cụ khuyến khích tuyệt vời để giúp trẻ hứng thú với khoa học và kỹ thuật, hoặc hỗ trợ tương tác xã hội cho những người lớn tuổi. Nhưng chúng ta cũng nên cân nhắc khả năng xâm phạm quyền của trẻ nhỏ và người già, các nhóm dễ bị tổn thương. Xã hội có nhiệm vụ chăm sóc và trách nhiệm đạo đức làm hết sức mình để đảm bảo phúc lợi tâm lý và cảm xúc của tất cả các công dân bất kể tuổi tác của họ. Nhìn vào tương lai, chúng ta sẽ chứng kiến nhiều rô-bốt *hỗ trợ* chăm sóc sức khỏe. Nhưng chúng ta phải cẩn thận giữ *việc thực hành* chăm sóc lại cho con người.

Rô-bốt trong xung đột vũ trang và cảnh sát

Không ngạc nhiên khi các lực lượng quân sự trên khắp thế giới đã bắt đầu chú ý đến việc sử dụng rô-bốt để hỗ trợ trong xung đột vũ trang. Một số ví dụ với mục đích tốt là rô-bốt gỡ bom, cứu những người lính bị thương trên chiến trường và thiết bị giám sát chi tiết trên không vận hành chỉ sau một cái nhấn nút.

Nhưng cũng có một nỗ lực quốc tế rất lớn nhằm phát triển vũ khí rô-bốt để chém giết mà không cần sự

giám sát của con người. Theo Bộ Quốc phòng Mỹ, các hệ thống vũ khí tự động, một khi được khởi động, có thể lựa chọn các mục tiêu và tấn công họ (bằng bạo lực) mà không có thêm sự can thiệp của con người. Trung Quốc, Nga, Mỹ và Israel đang chạy đua để phát triển xe tăng, máy bay tiêm kích, tàu ngầm và tàu chiến rô-bốt, với kế hoạch sử dụng chúng trong các đợt tấn công phối hợp.

Những vũ khí này đang thách thức luật nhân đạo quốc tế (các đạo luật chiến tranh như Công ước Geneva) và là mối đe dọa lớn đối với an ninh quốc tế. Tạm bỏ qua tính đúng/sai của chiến tranh, nhiều người vẫn lập luận rằng để lại quyết định giết người cho một cỗ máy là hành động vô đạo đức. Trong vài năm qua, tôi đã tham gia tuyến đầu trong một liên minh quốc tế lớn gồm các tổ chức phi chính phủ và các cá nhân đoạt giải Nobel, những người đã vận động tại Liên Hiệp Quốc và đang có khởi đầu tốt, tiến tới một hiệp ước quốc tế mới để ngăn cấm sự phát triển và sử dụng rô-bốt chiến tranh.

Nhưng hiệp ước quốc tế mới sẽ chỉ áp dụng đối với xung đột vũ trang chứ không áp dụng cho lĩnh vực dân sự. Lực lượng cảnh sát đã sử dụng rô-bốt trong hơn một thập niên qua để hỗ trợ xử lý bom, giải cứu con tin, bắn tỉa, giám sát và tình báo. Tất cả những điều này có vẻ khá hợp lý, nhưng những người ủng hộ nhân quyền đã buộc phải lên tiếng vì xu hướng trang bị cho rô-bốt cái gọi là 'vũ khí không gây chết người' ngày càng gia tăng. Desert Wolf, một công ty Nam Phi, kể từ năm 2014 đã bán các máy bay không người lái Skunk được trang

bị bốn khẩu súng sơn có thể bắn ra tám mươi quả bóng sơn mỗi giây. Giờ đây, nhu cầu ngày càng tăng đã thúc đẩy công ty này mở thêm các nhà máy sản xuất ở Oman và Brazil. Máy bay không người lái dân dụng được vũ trang đang lan rộng nhanh chóng. Ở Mỹ, bang North Dakota gần đây đã thông qua Dự luật 1328, cho phép cảnh sát trang bị cho các máy bay không người lái cái gọi là 'vũ khí không gây chết người' như súng điện Taser (mà trong một số trường hợp, có thể gây chết người).

Các lực lượng cảnh sát khác của Mỹ cũng đã ứng biến vũ khí rô-bốt trong nhiều năm, và án mạng đầu tiên là một người bị nghi là tay bắn tỉa ở Dallas vào tháng 07/2016. Vụ việc có bằng chứng biện minh rõ ràng và các chuyên gia pháp lý đã tuyên bố rằng nó là tự vệ hợp pháp. Nhưng có lẽ chúng ta đã vượt qua lằn ranh đỏ. Chúng ta cần phải bảo vệ các cảnh sát của mình, nhưng công tác trị an nên sử dụng các phương tiện phi bạo lực nhiều nhất có thể. Chỉ khi những phương tiện này không hiệu quả, chúng ta mới buộc phải dần nâng mức độ bạo lực và điều đó có thể dẫn đến các hành vi phạm tội. Đây sẽ là một thách thức to lớn đối với các rô-bốt tự động.

Vũ khí rô-bốt tự động hiện đang được phát triển cho xung đột vũ trang có thể quay trở lại ám ảnh thế giới dân sự. Trong những bối cảnh phù hợp, chẳng hạn như các mối đe dọa khủng bố, rô-bốt có thể được sử dụng với số lượng lớn để 'bảo vệ' cư dân. Chúng có thể trở thành công cụ thiết yếu để nhận diện và theo dõi số lượng lớn

con người. Với mối đe dọa dai dẳng từ các cuộc tấn công liên tiếp, sẽ rất khó để tống khứ chúng đi. Sức mạnh bổ sung mà rô-bốt cung cấp cho cảnh sát có thể dễ dàng bị lạm dụng trong bất kỳ xã hội nào – và đó không phải là tương lai mà ta nên mong muốn.

Rô-bốt sẽ đánh cắp công việc của bạn

Đã có rất nhiều báo cáo về việc AI và rô-bốt sẽ gây ra thất nghiệp hàng loạt trong một vài thập niên tới. Năm 2013, giới học giả dự đoán rằng 47% số việc làm ở Mỹ có thể được chuyển giao cho máy tính trong vòng 20 năm, và năm 2014, tập đoàn tư vấn Deloitte công bố các nghiên cứu ở Anh, Thụy Sĩ và Hà Lan trong đó cho thấy kết quả tương tự. Các ngân hàng quốc gia của Mỹ, Anh và Ý cũng đã bày tỏ quan ngại.

Có giải pháp nào không? Không, nhưng vẫn có những thứ có thể trở nên hữu ích. Một số quan điểm cho rằng rô-bốt chỉ là sự bổ sung cho các kỹ năng và khả năng của con người. Vì vậy, rô-bốt chỉ nên được sử dụng để thay thế hoặc hỗ trợ một số công đoạn thay vì toàn bộ một ngành công nghiệp hoặc một nghề nghiệp nào đó. Dẫu vậy, lợi thế nhờ cắt giảm đáng kể chi phí và sự gia tăng số lượng công việc rô-bốt có thể xử lý sẽ khiến nhiều người không có việc làm.

Đã có một số giải pháp gợi ý cho mức độ chuyển giao công việc rất cao này. Bill Gates, nhà sáng lập Microsoft, đã đề xuất rằng các công ty nên đóng thuế tính trên mỗi rô-bốt thay thế cho một con người.

Ngân sách này sẽ dùng cho thu nhập cơ bản phổ quát (universal basic income, UBI) xuất hiện dưới nhiều hình thức khác nhau, chẳng hạn như cho tất cả mọi công dân cùng một số tiền và sau đó trừ đi một khoản nhất định trên mỗi đôla kiếm được. Mặc dù UBI đang được thử nghiệm ở một số nơi, chưa có quốc gia nào đưa ra chính sách để quản lý nó.

Nhiều khả năng tất cả quá trình rô-bốt hóa này sẽ dẫn đến một tương lai u tối với nghèo đói và cơ cực cho nhiều người. Nhưng nó cũng có thể dẫn đến một tương lai không tưởng, nơi chúng ta được tự do hơn để làm bất cứ điều gì chúng ta muốn với thời gian của mình. Chỉ có thời gian mới biết câu trả lời.

Rô-bốt khắc phục thiệt hại biến đổi khí hậu

Khi thế giới bắt đầu gánh chịu tác động của biến đổi khí hậu (xem Chương 3), người ta dự đoán rằng nguồn cung lương thực và nước uống của chúng ta sẽ không đủ cho dân số ngày càng tăng của hành tinh. Tin tốt là rô-bốt có thể giúp giảm thiểu và ngăn chặn một số thiệt hại.

Tàu ngầm rô-bốt có thể đi đến những nơi con người không thể tới – các cột nước biển sâu dưới đại dương để tìm kiếm những manh mối quan trọng về sự ấm lên toàn cầu. Tại Viện Nghiên cứu Hải dương Vịnh Monterey ở Moss Landing, California, các nhà sinh học biển đang tập trung vào nghiên cứu tiên tiến này. Những thiết bị dưới nước của họ, như Paragon, đang thực hiện công việc nghiên cứu khó khăn của khoa học đại dương ngày

nay. Và rô-bốt ngầm đang được sử dụng để phát hiện và sửa chữa thiệt hại cho các rạn san hô.

Tại Cơ quan Quản lý Nước Singapore, những con rô-bốt thiên nga đang theo dõi một loạt các hợp chất vật lý và sinh học trong các hồ chứa nước. Một dự án khác, cũng ở Singapore, thì liên quan đến việc phát triển đàn rô-bốt rùa biển tí hon để theo dõi môi trường đại dương và giảm thiểu tác động của các sự cố tràn dầu. Và một số nhóm nghiên cứu trên thế giới, trong đó có cả ở Scotland, đang nghiên cứu các hệ thống rô-bốt chìm có khả năng chẩn đoán thiệt hại của các rạn san hô và tìm cách khắc phục. Được biết đến với tên gọi 'coralbots' – những con rô-bốt này sẽ hoạt động theo 'bầy đàn', giống như ong và kiến, và sẽ được lập trình để nhận biết san hô và phân biệt chúng với các sinh vật biển khác. Chúng có thể cứu những rạn san hô bị hư hại do những chiếc thuyền đánh cá bằng lưới rà hoặc những thảm họa thiên nhiên như bão, bằng cách ghép nối chúng lại với nhau, cho phép các rạn san hô này có thể tái sinh.

Tại trường Đại học bang Michigan, rô-bốt cá đang giúp khôi phục lại Great Lakes. Chúng sử dụng hệ thống giao tiếp không dây để cung cấp cho các nhà quản lý tài nguyên một luồng dữ liệu ổn định về chất lượng nước. Cá mang các cảm biến ghi lại nhiệt độ và mức độ ôxy cũng như phát hiện các chất gây ô nhiễm.

Hiệp hội Khoa học Biển Scotland thì chế tạo Máy bay Điều khiển Từ xa của riêng họ (Remotely Piloted Aircraft, RPA) để khảo sát địa hình không thể tiếp cận

nhất và nguy hiểm bậc nhất trên thế giới – Bắc Cực – để điều tra nguyên nhân làm tan băng. Máy bay rô-bốt này sử dụng công cụ đo khoảng cách bằng laser và máy ảnh để đo và chụp ảnh các sông băng ở vùng cực. Cách thu thập dữ liệu độc đáo này của các chuyên gia sông băng đang là công nghệ tiên tiến nhất sử dụng trong nghiên cứu sự nóng lên toàn cầu.

Rô-bốt cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc phát hiện rò rỉ hóa chất, như tràn dầu, rò rỉ khí methane dễ nổ hay các hóa chất độc hại khác do ống dẫn bị nứt, vốn đang là mối nguy hiểm lớn đối với con người và hệ sinh thái. Ngoài ra còn có rất nhiều vấn đề không hề nhỏ như rò rỉ đường ống dẫn nước, khiến cho 25% lượng nước uống quý giá của thế giới bị mất đi. Tại UAE, máy bay không người lái đang giúp giảm thiểu lãng phí này tới 10% nhờ định vị chỗ rò.

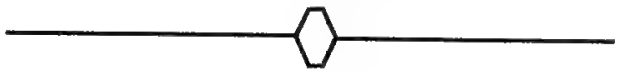
Công nghệ rô-bốt cũng có thể giúp cho việc sản xuất lương thực trở nên hiệu quả hơn mà ít gây tổn hại đến môi trường trồng trọt. Máy bay không người lái được sử dụng để kiểm tra độ chín của cây trồng giúp ngăn ngừa việc lãng phí. Rô-bốt tự động nông nghiệp giúp gia tăng đáng kể hiệu quả của sản xuất lương thực và còn tiết kiệm nhiên liệu hơn.

Bảo vệ môi trường và sản xuất lương thực hiệu quả có thể là nhiệm vụ quan trọng nhất cho rô-bốt của chúng ta trong tương lai. Với kinh phí tương xứng và sự quyết tâm quốc tế, những con rô-bốt này có thể trở thành vị cứu tinh của nhân loại.

Tương lai của con người với rô-bốt

Trên đây chỉ là một vài trong số các lĩnh vực mà rô-bốt sẽ có tác động đến cuộc sống của con người trong những thập niên tới; sẽ còn những lĩnh vực khác nữa mà chúng ta thậm chí không thể tưởng tượng được. Nhưng tôi tin là những ví dụ trên đây đã đủ để cho thấy những khó khăn to lớn trong việc định hình tương lai của ngành rô-bốt học. Một số viễn cảnh có thể (và có lẽ quá mức) ảm đạm và u tối, trong khi những kịch bản khác lại lạc quan đến không tưởng. Các chính phủ mới chỉ bắt đầu chú ý đến một số vấn đề quan trọng và Nghị viện châu Âu gần đây đã bỏ phiếu trong dự thảo đầu tiên về một đạo luật quản lý rô-bốt thì nên như thế nào. Nhưng bất kể các đạo luật và quy định mới có như thế nào đi chăng nữa, cuối cùng thì con người phải quan tâm đến thế giới rô-bốt, trên cương vị người tiêu dùng lẫn công dân như thế nào, để đảm bảo rằng tương lai của chúng ta và rô-bốt là một tương lai đẹp đẽ, hấp dẫn và vì lợi ích chung.

TƯƠNG LAI XA



Du hành Thời gian, Khải huyền và
Cuộc sống ngoài không gian

16

Du hành giữa các vì sao và chinh phục Hệ Mặt Trời

Louisa Preston

Kể từ năm 2000, nhân loại đã bắt đầu sinh sống ngoài không gian, dù chỉ là trong một căn cứ chẳng bao giờ quá 10 người. Trạm Vũ trụ Quốc tế (ISS) là tiền đồn ngoài Trái Đất đầu tiên của con người – một vệ tinh có người sinh sống quay quanh Trái Đất, thế nhưng ngoài nó thì vẫn chưa có bất cứ thuộc địa nào, trong không gian hoặc trên các hành tinh khác, được xây dựng tính đến năm 2017. Tuy nhiên, ý tưởng rằng con người cuối cùng cũng sẽ đến sinh sống trong các phần khác của thiên hà không còn là chuyện khoa học viễn tưởng, mà còn là bộ phận trong một hình ảnh về số phận nhân loại, thậm chí nó còn được phát triển thành một thước đo thành công trong tương lai mà chúng ta tự đặt ra. Việc mở rộng hiểu biết của chúng ta về vũ trụ và vị trí của mình trong đó có lẽ là lý do quan trọng nhất đưa nhân loại bước vào vũ trụ, nhưng nó không phải là lý do duy nhất. Rồi sẽ đến một ngày, khi Trái Đất không còn đáp ứng được dân số ngày càng tăng. Để tránh tai họa tuyệt chủng – và bảo

vệ các dạng sống khác trên hành tinh của chúng ta – nó sẽ trở thành một điều cần thiết. Không gian chứa đầy các vật liệu và năng lượng hữu ích, và là một nguồn cung hầu như vô tận cho chúng ta sử dụng. Nhưng trước khi có thể sử dụng nguồn tài nguyên này, con người cần đẩy nhanh tiến bộ về văn hóa và công nghệ.

Tăng tốc

Càng tìm hiểu sâu hơn, hoặc ít nhất là bắt đầu đánh giá đúng kích thước thật của vũ trụ, chúng ta càng nhận ra mình, với tư cách một loài, sẽ cần phải tiến bộ nhiều như thế nào. Chúng ta chẳng thể thay đổi đoạn đường cần phải đi, ngay cả là đến những ngôi sao gần nhất – ngôi sao, Alpha Centauri, cũng cách Trái Đất chúng ta 4,3 năm ánh sáng, tương đương 40 nghìn tỉ kilômét. Nếu sử dụng tàu vũ trụ nhanh nhất hiện có – *Voyager* – đi với vận tốc 18km/s, hành trình này sẽ phải mất hơn 70.000 năm. Như lời Trung úy Scott trong *Star Trek*, 'Chúng ta không thể làm được điều đó, Thuyền trưởng – chúng ta không đủ năng lượng!' Vì vậy, một trong những mục tiêu đầu tiên của con người là thiết kế và tinh chỉnh công nghệ, cả về mặt lý thuyết lẫn thực hành, để đưa ta đi nhanh hơn và xa hơn vào vũ trụ. Nhưng ta nên bắt đầu từ đâu?

Phương tiện du hành giữa các vì sao 'cũ nhưng đáng tin cậy' của chúng ta là *tên lửa hóa học* sử dụng quá trình đốt cháy nhiên liệu để tạo ra một luồng khí xả mà sau đó sẽ được tăng tốc nhờ vòi phun tên lửa nhằm tạo

lực đẩy. Hiện nay, chúng ta không thể cải thiện thêm những yếu tố này để giúp ích cho các cuộc du hành vào không gian nữa, vì chúng ta vốn dĩ đã tối đa hóa năng lượng trong các liên kết hóa học. Tuy nhiên, ta vẫn có thể sử dụng chúng để tạo nhiên liệu tại một điểm dừng; mặc dù để đến được điểm dừng đó trong thời gian du hành hợp lý vẫn là cả một vấn đề. Chúng ta cũng đang phụ thuộc vào các *động cơ nhiệt điện*, nhưng lực đẩy chúng tạo ra là cực kỳ yếu. Chúng được sử dụng từ những năm 1970 để định hướng các vệ tinh, nhưng không phải là loại động cơ lý tưởng giúp con người khám phá thiên hà. Trong tương lai, chúng ta có thể thấy các cuộc du hành không gian trên *động cơ tích điện* (ion) và các *buồm mặt trời*. Động cơ ion là loại động cơ đẩy gồm các phân tử của một nhiên liệu không hoạt động được tích điện dương hoặc âm, tức là được ion hóa, và được tăng tốc nhờ một điện trường bắn ra ở phía sau con tàu. Lực đẩy ban đầu rất thấp, nhưng trong một nhiệm vụ đường dài, nó có thể cung cấp lực đẩy gấp 10 lần trên mỗi kg nhiên liệu so với tên lửa hóa học, và có thể đưa chúng ta đến Hỏa Tinh trong 39 ngày thay vì từ 6 đến 8 tháng như hiện tại. Động cơ đẩy ion hiện đang được tàu vũ trụ thăm dò *Dawn* sử dụng trên quỹ đạo quanh hành tinh lùn Ceres, đã giúp nó trở thành tàu vũ trụ đầu tiên sử dụng động cơ ion để đi vào và rời khỏi quỹ đạo của nhiều thiên thể. Mặt khác, các buồm mặt trời sử dụng luồng ánh sáng từ Mặt Trời để tạo ra cái được gọi là áp suất bức xạ, có khả năng tạo ra lực đẩy đáng kể. Một phi thuyền với buồm

mặt trời đủ lớn sẽ có thể đạt tới tốc độ đáng kinh ngạc mà không cần mang theo bất kỳ lượng nhiên liệu nào, nhưng khi nó di chuyển xa khỏi Hệ Mặt Trời, ánh sáng mặt trời chắc chắn sẽ trở nên yếu hơn và lực đẩy sẽ giảm đi. Do đó, vẫn cần một dạng nhiên liệu bổ sung để giữ cho tàu đi đúng hướng và cuối cùng còn để hãm nó lại.

Các lựa chọn tiềm năng khác giúp con người trở thành một giống loài liên thiên hà còn có động cơ đẩy plasma (về cơ bản là động cơ octan cao được ion hóa), phân hạch nhiệt, động cơ dung hợp liên tục hoặc xung – để tái tạo sức mạnh của mặt trời một cách có hiệu quả – và, ít khả thi nhất, các động cơ phản vật chất. Phản vật chất là loại vật chất chứa các hạt hạ nguyên tử có điện tích ngược với các hạt trong vật chất thông thường. Điều này có nghĩa là khi tiếp xúc với vật chất bình thường, cả hai sẽ triệt tiêu lẫn nhau trong một vụ nổ thuần túy năng lượng. Đây là quá trình tạo ra mật độ năng lượng cao nhất mà con người từng biết, vì vậy nếu phản vật chất được sử dụng làm nhiên liệu, nó có thể trở thành động cơ đẩy hiệu quả nhất để du hành giữa các vì sao. Năm 2006, Viện Khái niệm Tiên tiến của NASA (NASA Institute for Advanced Concepts, NIAC) đã tài trợ cho một nhóm nghiên cứu xem xét tính khả thi của một tàu vũ trụ sử dụng phản vật chất. Họ tính toán rằng chỉ 0,01 gam phản vật chất cũng đủ để đưa một con tàu đến Hỏa Tinh trong 45 ngày. Tuy nhiên, vấn đề nằm ở việc tạo ra đủ nhiên liệu, vì tổng lượng phản vật chất được tạo ra trong tất cả các phòng thí nghiệm trên thế giới cho đến

nay chỉ vừa đủ năng lượng để đun sôi một tách trà.

Một mái nhà ở xa quê hương

Tàu vũ trụ càng nhanh và mạnh hơn, chúng ta càng có thêm cơ hội tiếp cận các vì sao. Mục tiêu tối thượng là xây dựng một phi thuyền có thể mang một phi hành đoàn đi vào không gian với tốc độ gần bằng tốc độ ánh sáng, mục tiêu này cho thấy hai tiến bộ rõ ràng. Thứ nhất, có lẽ khá hiển nhiên, là hành trình đòi hỏi thời gian ngắn hơn – sẽ chỉ mất vài năm để đến được các ngôi sao gần nhất. Thứ hai, nếu bạn di chuyển bằng 99,5% tốc độ ánh sáng, thời gian sẽ tự chậm lại 1/10 theo thuyết tương đối của Einstein – tức là một phi hành gia sẽ chỉ già đi 10 tuổi trong một cuộc du hành giữa các vì sao kéo dài 100 năm ánh sáng. Nhược điểm của việc này là khi họ trở lại Trái Đất thì mọi người đã già cả trăm tuổi. Một con tàu vũ trụ kiểu này sẽ cần một động cơ đẩy mạnh không tưởng cũng như rất nhiều lá chắn để bảo vệ cả con tàu và các phi hành gia khỏi các vụ va chạm tốc độ cao với các tiểu hành tinh hoặc mảnh vụn không gian. Một cách khác, thay vì cố gắng đi nhanh hơn, có lẽ chúng ta nên chậm lại và tận dụng thời gian cần thiết để thực hiện chuyến đi. Một phi thuyền liên sao di chuyển với tốc độ chậm hơn nhiều, chẳng hạn như 0,2% tốc độ ánh sáng, có thể đi đến vài chục ngôi sao trong vòng 10.000 năm, nhưng điều này sẽ đòi hỏi hàng loạt con người cùng chung sống trên một con tàu thế hệ.

Một *con tàu thế hệ* sẽ mang theo hàng ngàn người –

các thế hệ hậu duệ của những người du hành không gian – và có sức bền đủ để tồn tại trong môi trường không gian khắc nghiệt suốt hàng thiên niên kỷ. Một con tàu như vậy sẽ đòi hỏi khả năng hoàn toàn tự cung tự cấp từ năng lượng, thực phẩm, không khí và nước cho tất cả các thành viên trên tàu, và sở hữu những hệ thống đặc biệt chắc chắn mà cư dân của tàu có thể bảo trì sau khoảng thời gian nhất định. Phi hành đoàn trên con tàu này về cơ bản sẽ gồm các gia đình, với trẻ em được sinh ra ngay trên tàu và được đào tạo để thay thế cha mẹ và ông bà của mình trong việc điều khiển và bảo trì con tàu khi họ già và chết đi. Loại tàu này sẽ phải đối phó với những khó khăn lớn về mặt sinh học, xã hội và đạo đức, đặc biệt những câu hỏi liên quan đến giá trị bản thân, quản lý và mục đích – những thế hệ tiên phong sẽ không thể sống đủ lâu để chứng kiến nhiệm vụ của họ được hoàn thành, trong khi các thế hệ trung gian với số mệnh được định sẵn là sẽ sống và chết trong thời kỳ chuyển giao mà chẳng thể thấy kết quả từ những nỗ lực của họ. Thế hệ 'trẻ trung gian' này sẽ cảm nhận và phản ứng ra sao trước sự tồn tại có phần cưỡng ép của họ trên một con tàu như vậy?

Có lẽ một lựa chọn tốt hơn là để phần lớn hoặc tất cả các thành viên trên tàu vào chế độ ngủ đông hoặc ngừng hoạt động cơ thể, trong những *con tàu ngủ* – theo cách đó, tất cả cư dân đều sẽ sống sót khi kết thúc hành trình. Chúng ta cũng có thể thiết kế một con *tàu liên sao mang các bào thai* (embryo-carrying interstellar ship, EIS)

với nhiệm vụ chuyển bào thai hoặc DNA của con người trong trạng thái đông lạnh hoặc không hoạt động tới điểm đến. Tuy nhiên, phương pháp này gặp phải những vấn đề hiển nhiên, như làm sao để sinh ra và nuôi dưỡng những cá nhân này, thế nên có lẽ các tàu có thời lượng chuyến đi tương đương với một đời người sẽ thích hợp hơn. Nhà vật lý lý thuyết Freeman Dyson đã khái niệm hóa kiểu tàu này, một *con tàu thuộc Dự án Orion*, được đẩy bằng năng lượng từ các vụ nổ xảy ra do *phản ứng tổng hợp hoặc phân hạch hạt nhân*. Cuối cùng thì con người có thể chọn cách chế tạo các con tàu được điều khiển bằng năng lượng la-de trong Hệ Mặt Trời. Stephen Hawking, Yuri Milner và Mark Zuckerberg đang đấu tranh cho một dự án như vậy với tên gọi Breakthrough Starshot – dự án nhằm xây dựng bản nguyên mẫu của một tàu vũ trụ rô-bốt siêu nhỏ sử dụng năng lượng ánh sáng, có thể du hành giữa các vì sao và đến được Alpha Centauri. Được lên kế hoạch để sẵn sàng phóng đi trong vòng 20 năm nữa, tàu Starshot sẽ gồm một con chip có kích thước bằng một cái đĩa bán dẫn gắn với một cánh buồm siêu mỏng. Nó sẽ được phóng vào không gian trên một chiếc tàu mẹ và sau đó được đẩy tới ngôi sao với tốc độ lên tới 20% tốc độ ánh sáng bằng các tia la-de chiếu từ một phương tiện có vị trí cao ở Trái Đất. Với tốc độ như vậy, nó sẽ mất thêm 20 năm để đến được Alpha Centauri.

Có lẽ việc chờ đợi công nghệ bắt kịp với giấc mơ không gian của chúng ta không phải là lựa chọn duy nhất. Nếu như khoa học viễn tưởng vốn đã tìm ra câu trả

lời thì sao? Chúng ta có thể tuân theo tính chất du hành vũ trụ của nhiều bộ phim như *Contact* hay *Interstellar* và 'đơn giản' là đi tìm một lỗ sâu đục. Dù nó có vô lý đến đâu thì chúng ta không thể hoàn toàn bỏ qua khả năng của việc dễ dàng nhảy nhót khắp thiên hà nhờ vào đường dẫn của lỗ sâu đục. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có bằng chứng nào cho thấy phương pháp này thực sự thành công, liệu ta có thực sự tìm được ra một lỗ giun, hay sinh vật mềm yếu như chúng ta nên biết điều mà giữ khoảng cách an toàn.

Con người yếu đuối

Một thách thức lớn khác trong quá trình chinh phục không gian, bên cạnh chi phí khổng lồ, sự phát triển của công nghệ và tiến bộ khoa học – là sự mong manh của cơ thể con người để chịu đựng. Ảnh hưởng của du hành không gian dài hạn trên cơ chế sinh lý mong manh của chúng ta phải được hiểu rõ, nếu các nhà du hành không gian tương lai muốn tồn tại trong một khoảng thời gian dài hoặc thậm chí vô hạn trong không gian. Để hỗ trợ nỗ lực này, khả năng của công nghệ nhằm bảo vệ cơ thể con người khỏi các mối nguy hiểm trong không gian cũng cần phải được thử nghiệm và kiểm định. Những 'chú chuột thí nghiệm' của chúng ta hiện là những phi hành gia trên Trạm ISS.

Con người cần một hệ thống hỗ trợ sự sống nhân tạo để cung cấp không khí, nước và thức ăn, cũng như duy trì nhiệt độ và áp suất phù hợp trong tàu không

gian của họ, và cũng cần những con tàu này che chở bảo vệ khỏi các tia bức xạ độc hại từ Mặt Trời và vũ trụ và cả những mảnh vụn không gian hay tiểu thiên thạch. Cho dù khoa học viễn tưởng thường mô tả các trạm không gian với cấu trúc quay cứng tạo ra lực hướng tâm để từ đó sản sinh ra lực hấp dẫn nhân tạo, chúng vẫn chưa được xây dựng hoặc bay thử, chủ yếu là do kích thước của tàu vũ trụ cần để mang chúng phải đủ lớn. Do đó, hiện nay, điều cần giải quyết là việc thiếu vắng lực hấp dẫn trong không gian, vì hiện tại chúng ta không thể né tránh hoặc bảo vệ bản thân khỏi nó. Cơ thể con người có thể thích nghi tốt với việc sống trong môi trường không trọng lượng; tuy nhiên, cơ thể càng ở lâu trong không gian, sự thiếu vắng trọng lực ấy sẽ càng có ảnh hưởng lâu dài lên nó. Vi trọng lực đồng nghĩa với việc cơ thể không còn cần phải hoạt động chống lại lực hấp dẫn của Trái Đất, nên nó sẽ thư giãn và gây ra các hiệu ứng như nhão cơ và loãng xương vì canxi sẽ dần tiết ra khỏi xương và được bài tiết ra khỏi cơ thể qua nước tiểu. Hiện tượng này sẽ làm suy yếu xương người theo thời gian và đẩy nhanh tốc độ loãng xương. Mặc dù trôi nổi xung quanh trong không gian nghe có vẻ thư giãn và cực kỳ vui nhưng nhà du hành không gian sẽ chết mòn theo đúng nghĩa đen nếu đó là tất cả những gì anh/cô ấy làm. Các phi hành gia cũng thấy xương sống của mình dài ra thêm khi sống trong không gian – chúng có thể dài thêm tận 2,5 xentimét – và mặt họ cũng bị sưng khi các chất lỏng của cơ thể dịch chuyển lên trên, gây ra các vấn

đề về mắt. Rất may là những tình trạng này có thể đảo ngược được khi về lại mặt đất vững chắc và ở trong vòng hấp dẫn của Trái Đất – nhưng phải làm sao nếu điều đó không phải là lựa chọn trong một hành trình dài, thậm chí qua nhiều thế hệ, trong một con tàu không gian hay một hành tinh khác với lực hấp dẫn nhỏ hơn?

Cuối cùng, nhưng không kém phần quan trọng, sống trong vũ trụ cũng có nghĩa là sống thiếu không gian cá nhân. Những thử thách thường gặp nhất phải là bị cô lập, đơn điệu, hạn chế về khả năng di chuyển, giấc ngủ bị gián đoạn, không thường xuyên được vệ sinh cá nhân và sống trong một khu vực cực kỳ chật hẹp với cùng một nhóm người. Riêng tư thật sự là thứ xa xỉ. ISS, ví dụ duy nhất về một ngôi nhà trong không gian, có kích thước bằng một ngôi nhà tầm năm hoặc sáu phòng ngủ, nhưng ngay cả như vậy, vẫn rất khó để quen với việc ở trong nhà suốt sáu tháng hoặc lâu hơn, về cả tinh thần và thể chất. Mọi giả định và hy vọng về bất kỳ nhiệm vụ không gian dài hạn nào đều sẽ cần đến một con tàu lớn hơn nhiều so với ISS. Cuộc sống trong không gian có nghĩa là đối điện với rủi ro mỗi ngày và có khả năng gây ra trầm cảm, mất ngủ, lo lắng, xung đột giữa các cá nhân và thậm chí cả chứng loạn tâm thần, nhưng các phi hành gia cũng đã được chuẩn bị kỹ để đối phó với những mối đe dọa này. Cuối cùng, không có gì phải giấu giếm rằng mấy món đồ hộp đã được khử nước và đóng gói sẵn trong không gian là siêu nhạt nhẽo, kem không gian không thể bì với kem thật; nếu muốn dùng gia vị

thì bạn phải trộn tiêu trong dầu ô liu để ngăn chúng không văng tứ tung quanh trạm. Việc phải ăn cùng một món ăn nhạt nhẽo hết ngày này qua ngày khác có thể gây ra chán ăn, một nỗi buồn chung của những người phải sống với khẩu phần ăn hạn chế. Các phi hành gia sành ăn buồn chán có nguy cơ không còn thèm ăn nữa, khiến họ tiêu thụ ít calo hơn và cuối cùng xuống cân và trở nên suy dinh dưỡng. Bất kỳ chuyến đi dài hạn nào cũng sẽ cần một thực đơn thịnh soạn với các bữa ăn tươi ngon lành.

Các tiền đồn ngoài Trái Đất

Hãy dừng lại và trân trọng những thành tựu mà nhân loại đạt được bất chấp tất cả lời tiên tri về những gì chờ ta ở phía trước. Kể từ khi Yuri Gagarin lần đầu tiên bay vào không gian năm 1961, chúng ta đã đưa con người lên Mặt Trăng và đưa những con rô-bốt thám hiểm lên Kim Tinh và Hỏa Tinh; khám phá các tiểu hành tinh lớn nhất; chụp những bức ảnh cận cảnh Mộc Tinh và các mặt trăng khổng lồ của nó; bay qua vành đai của Thổ Tinh và những tia băng giá bắn ra từ một trong những vệ tinh của nó, Enceladus; chụp những bức ảnh chi tiết về Thiên Vương Tinh và Hải Vương Tinh; khám phá ra vẻ đẹp băng giá thực sự của Diêm Vương Tinh; và thậm chí còn nhảy lên một sao chổi đang di chuyển. Những khám phá sơ bộ của chúng ta về Hệ Mặt Trời là bước chuẩn bị để giờ đây con người bắt đầu nghiêm túc xem xét việc thiết lập một khu định cư tự cung tự cấp bên

ngoài Trái Đất. Tuy nhiên, với công nghệ hiện tại, việc xây dựng một khu định cư trên bất kỳ hành tinh nào khác ngoài Trái Đất vấp phải một loạt các thách thức rất lớn – những thách thức chúng ta cần phải vượt qua nếu còn hy vọng giúp hàng trăm hoặc thậm chí hàng nghìn người sống sót trong một môi trường chắc chắn là rất khắc nghiệt với con người.

Mặt Trăng

Hiện tại, các điểm đến thực tế nhất là những nơi gần chúng ta nhất. Cánh cổng đầu tiên có thể là Mặt Trăng – một điểm dừng lý tưởng để tích trữ vật liệu, thiết bị và nhân sự ở ngoài ranh giới lực hấp dẫn của Trái Đất, đồng thời là một môi trường thử nghiệm hữu ích cho các công nghệ cần thiết để đưa con người đến các hành tinh khác. Một căn cứ trên Mặt Trăng có thể tăng khả năng sống sót của chúng ta khi tiến hành nhiệm vụ đến Hỏa Tinh hoặc đi xa hơn vào không gian, thậm chí hỗ trợ ngành du lịch không gian đang bắt đầu nhộn nhịp. Tuy nhiên, xây dựng môi trường sống trên Mặt Trăng không phải là một việc dễ dàng, đặc biệt khi trọng lực ở đây chỉ bằng một phần sáu trên Trái Đất. Chúng ta cũng cần lưu ý tới vật liệu xây dựng: chúng sẽ phản ứng thế nào với môi trường chân không trên Mặt Trăng, chúng cần được gia cố ra sao để chịu được tác động của tiểu thiên thạch với vận tốc bay lên tới 10 km/s, chúng sẽ phản ứng thế nào với biên độ nhiệt cực lớn giữa ngày (120°C) và đêm (xuống tới âm 153°C)?

Những nơi cư trú trên Mặt Trăng, cũng như bất kỳ nơi trú ngụ nào ngoài không gian, sẽ là đường sống của các cư dân Mặt Trăng trong tương lai và vì vậy cần phải được cung cấp dưỡng khí được điều áp, nước, môi trường để canh tác lương thực, tầng bảo vệ khỏi bức xạ khắc nghiệt của Mặt Trời, cũng như ánh sáng, nhiệt và điện để tồn tại qua những đêm dài, mỗi đêm bằng thời gian hai tuần trên Trái Đất. Năm 2009, tàu thăm dò Chandrayaan-1 của Ấn Độ phát hiện hơn 40 hố va chạm gần cực bắc của Mặt Trăng, chúng chứa 600 triệu tấn nước đá – một nguồn tài nguyên có thể được khai thác để dùng cho khu định cư. Môi trường sống tự cung tự cấp sẽ tái chế hơn 90% lượng nước này, tạo ra cacbon điôxit rồi bơm vào nhà kính cho cây cối sử dụng, và đổi lại cây cối sẽ tạo ra ôxy như khí thải trong quá trình quang hợp, được đưa trở lại môi trường sống.

Hỏa Tinh

Mặc dù Mặt Trăng gần chúng ta hơn, Hỏa Tinh mới là địa điểm thu hút trí tưởng tượng của con người như một tiền đồn cho con người trong tương lai. Elon Musk đã có kế hoạch đưa một triệu người lên Hỏa Tinh trong khoảng 50-100 năm tới bằng cách sử dụng Hệ thống Giao thông Liên hành tinh (Interplanetary Transport System, ITS) của SpaceX – một hệ thống cơ sở hạ tầng và công nghệ không gian được thiết kế nhằm mục đích khám phá và chinh phục không gian của con người. Các rô-bốt không gian đã khám phá Hỏa Tinh trong 40 năm qua để dạy

chúng ta không chỉ về lịch sử của con người, mà còn là những gì đang chờ đợi ta trên bề mặt Hỏa Tinh. Ngày nay, bất kể người ta có nói thế nào, hành tinh này cũng có môi trường ôn hòa nhất và gần như thân thiện nhất trong Hệ Mặt Trời, chỉ sau Trái Đất. Nếu chúng ta tự tin rằng mình có thể vượt qua các trở ngại vật lý để tới hành tinh Đỏ, bao gồm thời gian du hành lên tới 300 ngày, cũng như rủi ro bức xạ, sống lâu trong môi trường vi trọng lực và điều kiện hạ cánh cực kỳ nguy hiểm (tỉ lệ hạ cánh thành công hiện tại của tàu không người lái, hạ cánh an toàn và còn nguyên vẹn, trên Hỏa Tinh là chưa tới 30%), xây dựng tiền đồn trên Hỏa Tinh là một mục tiêu hợp lý. Và điều kiện sinh sống ở đó tốt hơn nhiều so với trên Mặt Trăng.

Hỏa Tinh có độ dài một ngày và góc nghiêng so với trục của nó tương đương với Trái Đất, do đó tạo ra các mùa tương tự; và nó cũng có một bầu khí quyển (dù mỏng), cùng với nước đá và môi trường sinh sống được. Tuy nhiên khí hậu mới là thử thách chính chúng ta sẽ cần phải vượt qua. Bầu khí quyển của Hỏa Tinh chứa 95% CO_2, tức là nó rất độc hại đối với con người và tạo thành áp suất khí quyển thấp (0,006 atm), khiến cho việc sống trên Hỏa Tinh mà không có hỗ trợ dưỡng khí trở thành không thể. Ngoài ra, trọng lực của nó chỉ bằng 38% trọng lực của Trái Đất, nhiệt độ luôn luôn lạnh (từ âm 85^{0}C đến âm 5^{0}C), và không có nước lỏng trên bề mặt hành tinh này. Vậy thì chúng ta sẽ sống ở đâu trên Hỏa Tinh? Ngoài những cấu trúc nhà ở bơm hơi hình vòm kiểu mẫu trên bề

mặt Hỏa Tinh, cũng có những miệng hố va chạm và các ống dung nham trên khắp Hỏa Tinh có thể được sử dụng để làm môi trường sống. Thật vậy, chúng sẽ cho phép lắp ráp các cấu trúc lớn hơn để định cư lâu dài (cách duy nhất để sống trên Hỏa Tinh) và sẽ che chở tốt cho chúng ta khỏi môi trường bên ngoài. Các cấu trúc như vậy có thể được xây dựng theo giai đoạn trong một loạt các nhiệm vụ không gian, cũng giống như việc xây dựng từng phần ISS. Những căn nhà này sẽ cần phải tự cung tự cấp từ ngày đầu tiên, tự nuôi trồng lương thực, chiết xuất nước và tạo ra ôxy. Do đó, những cư dân đầu tiên trên Hỏa Tinh sẽ là hai loài – thực vật và con người – những người bạn đồng hành hoàn hảo, trao đổi cacbon điôxit và ôxy, cùng giúp nhau sống sót.

Kim Tinh và các mặt trăng băng giá

Cũng không thể bỏ qua một số hành tinh thú vị khác, mặc dù có rào cản rõ ràng khiến ta không thể thuộc địa hóa những hành tinh này. Du hành đến Kim Tinh vượt xa khả năng kỹ thuật và thể chất hiện tại của chúng ta; cơ thể mỏng manh của con người sẽ chết trong vòng chưa đầy 10 giây ở trên bề mặt Kim Tinh – ngay lập tức bị nghiền nát bởi áp suất tới 92 bar trong khi bị đốt thành tro ở nhiệt độ 465^{0}C, hơi thở cuối cùng của ta cũng là khí độc. Cuộc sống trên Kim Tinh sẽ vô cùng nóng nực, độc hại, tàn bạo và ngắn ngủi. Tuy nhiên, con người vẫn có thể xây dựng môi trường sống tận dụng các điều kiện khắc nghiệt của Kim Tinh; đó sẽ là một môi trường trôi

nổi trong bầu khí quyển đậm đặc của Kim Tinh, được duy trì bằng các loại khí có cùng thành phần với bầu khí quyển Trái Đất. Áp suất khí quyển ở độ cao 50 km (31 dặm) tính từ bề mặt Kim Tinh cũng tương tự áp suất nước biển trên Trái Đất (1 bar), và nhiệt độ tại độ cao đó chỉ nhỉnh hơn 0^0C. Nếu có thể xây dựng một môi trường sống như vậy, con người có thể mạo hiểm ra bên ngoài chỉ với một chiếc mặt nạ oxy và ngắm nhìn những đám mây Kim Tinh ngay dưới chân mình.

Hai trong số các mặt trăng quay quanh các hành tinh khí khổng lồ – Mộc Tinh và Thổ Tinh – cũng rất được quan tâm, về mặt lý thuyết. Nếu những nhà thám hiểm xây dựng nơi ở trên mặt trăng Europa của Sao Mộc, bề mặt băng giá (xuống đến âm 220^0C) của nó lại khá thích hợp (chúng ta có thể sử dụng cách tiếp cận như khi sống ở Nam Cực), nhưng mối đe dọa nghiêm trọng đối với sự sống sẽ là từ quyển của sao Mộc, nó bắn phá Europa bằng thứ bức xạ chết người. Vì thế vị trí tốt nhất để làm nhà sẽ nằm dưới lớp vỏ băng của Europa hoặc trên phần bán cầu không đối diện với Mộc Tinh, vì nó là phần nhận được lượng bức xạ ít nhất. Trên mặt trăng Titan của Sao Thổ, người ta sẽ không cần một bộ đồ không gian được điều áp, chỉ cần một bình ôxy và quần áo ấm. Với bầu khí quyển dày đặc của nó, việc đứng trên bề mặt của mặt trăng Titan cũng giống như đứng trong một hồ bơi ở Trái Đất. Phong cảnh cũng giống như ở Trái Đất, và có những khu vực bằng phẳng để dựng nhà. Thật hồi hộp khi Titan cũng là một điểm đến hấp dẫn

cần khai thác, vì nó sở hữu nguồn tài nguyên dồi dào cần thiết để hỗ trợ sự sống, bao gồm cả nước đá.

Kết luận

Thật khó để xác định đâu sẽ là tiến bộ, trung hạn và dài hạn, trong việc thăm dò không gian trên cơ sở sử dụng các công nghệ hiện tại của chúng ta. Đến một lúc nào đó, con người sẽ phải phân biệt cái có thể xảy ra và cái sẽ xảy ra, thực tế cái có thể đoán trước từ thế giới tưởng tượng, thực tế khoa học từ khoa học viễn tưởng. Chúng ta biết rằng cần phải phát triển các động cơ đẩy mạnh mẽ hơn để vượt qua các trở ngại của những không gian rộng lớn. Việc tạo ra và lựa chọn các giải pháp công nghệ để hoàn thành nhiệm vụ này và thực sự trở thành phương tiện cho sự thay đổi, cũng như phát triển và triển khai rô-bốt để xác định các điểm đến tiềm năng, thể hiện việc đầu tư nghiêm túc và những vấn đề cam kết vào khâu nghiên cứu và phát triển, kéo dài nhiều năm. Sự lựa chọn, không phải con người (việc đó về sau sẽ tính đến) mà các 'thế giới' tiềm năng, là một vấn đề; vì ngay cả một dự án kỹ thuật đơn giản trên hành tinh của chúng ta cũng liên quan đến điều tra sơ bộ, khảo sát địa điểm, lấy mẫu môi trường và phân tích trước khi tiến hành.

Điều chúng ta đã biết là hành trình khám phá không gian của con người vừa nguy hiểm vừa tốn kém. Chúng ta biết rằng con người yếu đuối, dễ bị tổn thương, có yêu cầu cao về môi trường sống, đòi hỏi phải có thức ăn, nước và ôxy, nhưng lại có khả năng chống chịu kém trong môi

trường không gian và không thích mạo hiểm tính mạng của họ. Mặt khác, các rô-bốt thám hiểm trung thành của chúng ta đòi hỏi ít hơn và có thể tồn tại hàng chục năm với sự bảo vệ và hỗ trợ ở mức tối thiểu. Không có gì ngạc nhiên khi chúng ta chuộng dùng những cỗ máy trung thành này để làm công việc khám phá cho chúng ta, đặc biệt là khi (nhờ chúng ta) chúng dần trở nên có năng lực và có khả năng tự định hướng. Rô-bốt đã cho chúng ta biết rất nhiều thứ về Mặt Trăng và Hỏa Tinh, đánh dấu những vấn đề để con người trực tiếp giải quyết và đưa ra những hiểu biết sâu sắc về các giải pháp. Tuy nhiên, viễn cảnh về con người trong không gian đem đến tính linh hoạt trong vận hành, cảm hứng và trí thông minh thực sự – không cỗ máy nào có thể bì với sự tò mò của chúng ta (ở thời điểm hiện tại). Có hàng trăm, có thể là hàng ngàn, môi trường lý tưởng để sinh sống trên các hành tinh trong toàn Hệ Mặt Trời và xa hơn nữa, chúng đang chờ đợi con người đến viếng thăm. Hy vọng rằng mong muốn khám phá những thế giới mới này sẽ không chỉ thúc đẩy quá trình chinh phục không gian mà còn giúp chúng ta tìm cách định cư thành công lâu dài trên hành tinh quê hương của chính mình.

17
Ngày tận thế

Lewis Dartnell

Thứ gì chưa được lưu sẽ bị mất.

Thông điệp từ ván cuối trong trò *Super Mario Galaxy* của *Nintendo,* do T. Michael Martin viết.

Nhiều chương trong cuốn sách này đã nhắc đến những gì sắp xảy ra, dựa trên hiểu biết khoa học sâu sắc của con người về vũ trụ hoặc về các công nghệ có khả năng cách mạng hóa cách sống của chúng ta. Nhưng cá nhân tôi lại muốn tìm hiểu một số kịch bản khi mà mọi thứ xảy ra không như chúng ta muốn. Điều gì xảy ra nếu tương lai không xảy ra như dự kiến?

Để hiểu được điều có thể xảy ra trong tương lai, chúng ta có thể nhìn lại quá khứ và học hỏi từ lịch sử của chính mình. Và, qua hàng ngàn năm kể từ khi nhân loại phát triển nông nghiệp và bắt đầu định cư thành các thị trấn và thành phố, hàng loạt nền văn minh đã sụp đổ và biến mất. Có thể nói, sự phát triển bền vững và tiến bộ công nghệ của nền văn minh của chính chúng ta qua nhiều thế kỷ là một điều bất thường trong lịch sử. Nếu

vậy, những sự kiện thảm khốc nào có thể có tiềm năng kích hoạt một ngày tận thế trong tương lai của chúng ta, và quan trọng là, ngày nay chúng ta có thể làm gì để bảo tồn hạt giống kiến thức hiện đại của mình để những người sống sót có thể xây dựng lại nền văn minh một cách nhanh nhất có thể?

Sự sụp đổ của bất kỳ nền văn minh vĩ đại nào cũng thường dẫn đến sự gián đoạn trong lịch sử, thời kỳ mà kiến thức tan vào tấm màn thời gian và sự phát triển cứ vấp váp và thiếu ổn định trong một quãng thời gian. Ví dụ phổ biến nhất là 'Thời đại Đen tối' khi Đế quốc Tây La Mã sụp đổ. Tuy nhiên, sự kiện này khá đơn giản và cũng tập trung chủ yếu ở châu Âu, quá trình học tập và phát triển công nghệ và xã hội vẫn tiếp tục ở thế giới Hồi giáo và Trung Quốc, cũng như ở chính châu Âu trong giai đoạn đình trệ sau sự sụp đổ này. Tuy nhiên, đây là thời điểm mà một số tiến bộ quan trọng đã xuất hiện – phát minh máy cày đã cách mạng hóa nông nghiệp trên vùng đất sét khô cằn ở Bắc Âu, hay các phát minh khác như cối xay gió và đồng hồ cơ học. Nhưng thời kỳ Trung Cổ sơ khởi không nghi ngờ gì đã chứng kiến một sự gián đoạn lịch sử sau khi Đế chế La Mã sụp đổ. Từ rất lâu trước đó các nền văn minh Thời đại Đồ đồng xung quanh vùng đông Địa Trung Hải cũng sụp đổ và theo sau đó là Thời kỳ Đen tối kéo dài từ khoảng năm 1100 TCN. Tương tự, xuyên suốt lịch sử, nhiều nền văn minh và nền văn hóa khác trên thế giới đều đã trải qua thăng trầm và sau cùng biến mất: Maya, Olmecs, nền văn minh

Rapa Nui trên Đảo Phục Sinh và nền văn minh Thung lũng Indus. Và sẽ là kiêu ngạo nếu cho rằng nền văn minh công nghiệp hóa hiện tại của chúng ta sẽ không sụp đổ đột ngột và sẽ kéo dài vô thời hạn. Các nhà nhân loại học như Joseph Tainter cho rằng các xã hội càng phức tạp và càng kết nối với nhau, giống như xã hội của chính chúng ta, thì càng dễ bị tổn thương bởi sự sụp đổ đột ngột và thảm khốc.

Rủi ro thảm họa toàn cầu

Các nền văn minh sụp đổ vì nhiều lý do: chiến tranh, bị xâm lược, thiên tai, khai thác tài nguyên quá mức và thoái hóa môi trường tự nhiên. Các mối nguy hiểm có thể đe dọa nền văn minh hiện đại khắp toàn cầu trong tương lai gần được gọi là những rủi ro thảm họa toàn cầu. Những rủi ro này có thể từ nguyên nhân nhiều khả năng xảy ra (đại dịch) đến ít khả năng xảy ra (va chạm tiểu hành tinh) hoặc thậm chí hoàn toàn không khả dĩ (zombies!). Hãy cùng xem xét kỹ hơn năm khả năng có thể xảy ra dưới đây.

Biến đổi khí hậu

Đây là nguyên nhân khả dĩ nhất sẽ phá hủy thế giới hiện đại của chúng ta. Chúng ta biết rằng biến đổi khí hậu đang xảy ra và chính những hoạt động của chúng ta đang thúc đẩy nó: phát thải cacbon điôxit (và mêtan) từ các khu công nghiệp, giao thông và nông nghiệp của chúng ta. Không chỉ nhiệt độ trung bình toàn cầu sẽ

tiếp tục tăng lên, cùng với mực nước biển dâng cao do giãn nở nhiệt của nước và tan băng, các đại dương bị axit hóa do hòa tan cacbon điôxit, mà còn có những thay đổi nghiêm trọng trong khí hậu khu vực. Hiện tượng ấm lên toàn cầu sẽ gây ra những thay đổi trong phân bổ lượng mưa, dẫn đến gia tăng lũ lụt ở một số vùng và hạn hán ở những vùng khác, cả hai sẽ là thách thức nghiêm trọng đối với sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là lượng lương thực chúng ta có thể sản xuất để nuôi dưỡng lượng dân số đang tăng nhanh theo cấp số nhân. Việc tiếp cận nguồn nước ngọt đáng tin cậy có thể sớm trở thành điểm bùng phát của căng thẳng địa chính trị, cũng như dầu thô và các tài nguyên thiên nhiên quý giá khác, và những 'cuộc chiến tranh nước' đầu tiên sẽ bùng nổ sớm trong tương lai. Rất khó để đưa ra các dự đoán chính xác về tốc độ biến đổi khí hậu và các tác động tại địa phương khi chúng ta có một hệ thống phức tạp như bầu khí quyển, đại dương và lục địa của Trái Đất, cũng như tất cả các vòng lặp phản hồi liên quan đến hệ thống này. Người ta đặc biệt quan ngại về một lượng lớn khí mêtan hiện đang bị mắc kẹt trong lớp đất đóng băng vĩnh cửu và dưới đáy đại dương – mêtan là khí nhà kính mạnh gấp 25 lần khí cacbon điôxit và nếu được giải phóng, nó có thể gây ra sự nóng lên đột ngột. Rủi ro là sự biến đổi khí hậu có thể xảy ra quá nhanh đến nỗi cơ sở hạ tầng của chúng ta không thể đối phó kịp và nền văn minh hiện đại sẽ sụp đổ.

Va chạm với các tiểu hành tinh và sao chổi

Hầu hết các tiểu hành tinh nằm trong một vành đai xoáy giữa Hỏa Tinh và Mộc Tinh, nhưng quỹ đạo của một số đưa chúng đến gần ta hơn. Đây là nhóm Tiểu hành tinh gần Trái Đất, và mặc dù chúng mang lại cho con người cơ hội khai thác kim loại quý trong không gian, một số cũng có nguy cơ xảy ra va chạm với Trái Đất. Chúng ta tin rằng những nghiên cứu về bầu trời giờ đây đã giúp xác định và theo dõi các vật thể nguy hiểm nhất, và một số kế hoạch đã được lập ra để xem cách một nhiệm vụ không gian giúp làm lệch hướng một số tiểu hành tinh vào quỹ đạo an toàn hơn cho con người (sử dụng các công nghệ tương tự như khai mỏ không gian). Chúng ta ít khi được cảnh báo về sao chổi rơi – có lẽ chỉ còn một vài tháng trước khi điều này xảy ra. Sao chổi thường nằm trong vùng tối xa xôi của Hệ Mặt Trời, nhưng chúng có thể bị lực hấp dẫn 'đẩy' vào quỹ đạo mới quanh Mặt Trời, điều đó sẽ khiến chúng lao vào khu vực phía trong Hệ Mặt Trời và Trái Đất. Điều này có nghĩa rằng sao chổi sẽ không chỉ di chuyển rất nhanh khi nó đến gần Trái Đất, mà các kính thiên văn của chúng ta có thể sẽ không phát hiện kịp thời để xử lý cú va chạm này. Những ảnh hưởng do va chạm với tiểu hành tinh có kích thước lớn hoặc sao chổi sẽ rất thảm khốc. Nếu những thiên thể như vậy rơi xuống biển, chúng sẽ gây ra sóng thần cho các vùng xung quanh bờ biển trong khi rơi xuống lục địa, chúng sẽ ném một lượng khổng lồ bụi đá vào trong khí quyển và gây ra cháy rừng trên diện

rộng. Một thiên thạch rộng 10 km, giống như thiên thạch được cho là nguyên nhân gây tuyệt chủng hàng loạt vào 65 triệu năm trước – 'kẻ giết khủng long' – khó có thể tấn công Trái Đất trong tương lai gần. Nhưng ngay cả một tiểu hành tinh hay sao chổi rộng 1 km cũng có thể tàn phá cả một khu vực rộng lớn và có thể gây bất ổn cho thế giới hiện đại đến mức không thể phục hồi lại như trước.

Siêu núi lửa

Xét trên nhiều khía cạnh, ảnh hưởng của một vụ phun trào núi lửa khổng lồ cũng tương tự như ảnh hưởng của một vụ va chạm tiểu hành tinh. Hiển nhiên, nếu tình cờ đứng quá gần nơi xảy ra một vụ phun trào, bạn sẽ bị dung nham, những đám mây tro bụi, đá rơi hoặc khói độc giết chết. Nhưng mối lo ngại lớn hơn là tác động toàn cầu từ một vụ phun trào đủ lớn. Hỗn hợp tro và lưu huỳnh bị phun lên cao vào khí quyển sẽ bao quanh Trái Đất và ngăn chặn một phần ánh sáng mặt trời, gây ra một 'mùa đông núi lửa' kéo dài vài năm. Chỉ điều này thôi cũng có thể phá hủy nông nghiệp toàn cầu. Về lâu dài, nhiệt độ giảm đột ngột thậm chí có thể dẫn đến một kỷ băng hà khác. Chúng ta đã từng phần nào trải nghiệm điều này trong lịch sử gần đây. Vụ phun trào núi lửa Tambora ở Indonesia vào tháng 04/1815 đã dẫn đến sự kiện được gọi là 'năm không có mùa hè' và gây ra tình trạng thiếu lương thực trên khắp bán cầu bắc. Và một số nhà khoa học tin rằng vụ phun trào Toba cách đây 71.500 năm (cũng ở Indonesia; đây là vùng

núi lửa hoạt động mạnh do va chạm đĩa kiến tạo) có thể đã khiến dân số toàn cầu giảm xuống chỉ còn vài chục ngàn người. Các nhà nghiên cứu núi lửa ngày nay đang theo dõi nghiêm ngặt miệng núi lửa rộng 40 km ở Công viên Quốc gia Yellowstone, Hoa Kỳ. Đây là một siêu núi lửa từng phun trào 640.000 năm trước, phủ kín gần như toàn bộ phần nước Mỹ ở phía tây sông Mississippi trong tro bụi. Nếu – hay đúng hơn – khi mà siêu núi lửa Yellowstone phun trào lần nữa, nó cũng có thể làm gián đoạn thậm chí gây sụp đổ nền văn minh của chúng ta.

Giải phóng vật chất nhật hoa

Những ảnh hưởng từ việc va chạm với tiểu hành tinh và sao chổi không phải là mối nguy hiểm ngoài không gian duy nhất có khả năng gây ra ngày tận thế. Mặc dù Mặt Trời giúp nuôi dưỡng hầu như tất cả sự sống trên Trái Đất, nó cũng đặt ra một mối nguy hiểm cho thế giới công nghệ hiện đại của chúng ta. Giống như tất cả các ngôi sao, nó thường xuyên phóng ra những luồng khí khổng lồ từ trung tâm của nó, được gọi là giải phóng vật chất nhật hoa (coronal mass ejections, CME). Những khối vật chất nặng hàng tỉ tấn này bay qua Hệ Mặt Trời như một bong bóng plasma nóng gồm các ion và electron, đan bện vào một từ trường. Việc một CME như vậy bay trực tiếp về phía Trái Đất có xác suất rất nhỏ, nhưng một sự kiện đặc biệt mạnh mẽ như vậy sẽ là thảm họa. Các tấm pin mặt trời và thiết bị điện tử trong không gian rất dễ tổn thương trước sự bùng nổ của bức xạ hạt

kết hợp với CME, và một sự kiện lớn có thể phá hủy rất nhiều các vệ tinh mà chúng ta đang hoàn toàn phụ thuộc vào để liên lạc, quan sát Trái Đất và điều hướng GPS. Những tín hiệu định thời gian chính xác từ vệ tinh GPS cũng rất quan trọng trong việc điều phối nhiều quá trình trên mặt đất, chẳng hạn như các giao dịch tài chính trong nền kinh tế toàn cầu hiện đại. Nhưng ảnh hưởng từ việc CME đâm vào từ trường của Trái Đất thậm chí còn gây tổn hại sâu rộng hơn lên lối sống của chúng ta. Từ trường bị xáo trộn nghiêm trọng sẽ tạo ra dòng điện lớn trong những dây dẫn của mạng lưới phân phối và có thể làm hỏng vĩnh viễn các máy biến áp quan trọng. 'Sự kiện Carrington' – một cơn bão mặt trời xảy ra vào năm 1859, đã khiến cho những luồng cực quang xuất hiện ở xa các cực, làm lệch hướng kim la bàn và gây ra những đám cháy do các tia lửa phát ra từ những đường dây điện báo. Và sự kiện này xảy ra khi thế giới còn chưa sử dụng điện; xã hội hiện đại của chúng ta sẽ bị ảnh hưởng nặng nề hơn nhiều khi những đợt mất điện kéo dài cản trở các nỗ lực khắc phục thiệt hại. Cơn bão mặt trời năm 1989 từng gây mất điện khắp Quebec, và gần đây là năm 2012, một khối CME khổng lồ đã trượt khỏi Trái Đất trong đường tơ kẽ tóc; nếu nó đâm trúng thì một lượng lớn cơ sở hạ tầng hiện đại của con người đã có thể bị nó nghiền nát.

Đại dịch toàn cầu

Các bệnh truyền nhiễm vẫn luôn là tai họa cho nhân loại

xuyên suốt lịch sử, nhưng cứ thỉnh thoảng lại có một căn bệnh nguy hiểm lây lan khắp một vùng dân cư gây ra đại dịch. Cái Chết Đen được cho là bắt nguồn từ thảo nguyên Trung Á, theo các thương lái đi dọc theo Con đường Tơ lụa và sau đó theo những con chuột trên tàu vận chuyển đến châu Âu thời Trung cổ vào năm 1347. Trong những năm sau đó, đại dịch này giết chết 1/3 dân số châu Âu, và ở các khu vực đô thị bị ảnh hưởng nặng nề nhất, dân số giảm đi một nửa. Ước tính nó đã giết chết tổng cộng 100-200 triệu người trên toàn bộ Lục địa Á-Âu. Trong lịch sử gần đây, 'Đại dịch Cúm Tây Ban Nha' đã bùng phát vào tháng 03/1918, ở giai đoạn cuối của Thế chiến I, và chỉ trong vòng sáu tháng đã lan rộng ra toàn thế giới. Khoảng một phần ba dân số toàn cầu bị nhiễm bệnh, và với tỉ lệ tử vong cao tới mức đáng lo ngại, hơn 50 triệu người đã chết. Nếu một loại vi-rút có tỉ lệ lây nhiễm và tử vong cao như vậy xuất hiện ở thế giới hiện đại thì hậu quả còn có thể thảm khốc hơn nhiều. Ngày nay, hầu hết dân cư sống trong các đô thị, những thành phố đông đúc, vốn cung cấp điều kiện lý tưởng để các dịch bệnh lây lan nhanh chóng, và những chuyến bay đường dài thường xuyên đưa đón hành khách giữa các châu lục sẽ khiến việc ngăn chặn hoặc kiểm dịch trở nên khó khăn hơn nhiều. Ngay cả khi chỉ một phần nhỏ dân số thế giới nhiễm bệnh và chết đi cùng một lúc, cơ sở hạ tầng của các dịch vụ quan trọng – sản xuất và phân phối thực phẩm, bệnh viện, lực lượng cảnh sát, xử lý nước, phát điện – có thể sụp đổ và xã hội sẽ tan rã.

Tệp lưu trữ dự phòng cho nền văn minh

Những ảnh hưởng của một số thảm họa, chẳng hạn như va chạm tiểu hành tinh hay chiến tranh hạt nhân toàn cầu, nhiều khả năng sẽ lan rộng và có sức tàn phá mạnh đến nỗi sẽ cực kỳ khó để những người sống sót có thể nhanh chóng phục hồi. Các thảm họa khác, giống như giải phóng vật chất nhật hoa, có thể phá hủy cơ sở hạ tầng kỹ thuật của chúng ta nhưng phần lớn dân số thế giới lại không bị tổn thương tức thời. Điều có thể xảy ra sau đó sẽ là sự cạnh tranh khốc liệt để cắt giảm các nguồn năng lượng và một cuộc 'giảm thiểu dân số thứ cấp' man rợ. Có lẽ dấu chấm hết tốt đẹp nhất cho thế giới, ít nhất là từ quan điểm của những người sống sót đang cố gắng xây dựng lại thế giới một lần nữa, sẽ là một dịch bệnh chết người xảy ra đột ngột. Thảm họa này sẽ nhanh chóng loại bỏ phần lớn dân số, nhưng để lại tất cả những thứ khác; cộng đồng những người sống sót có thể lọc lấy những gì họ cần trong khi học lại tất cả các kỹ năng và kiến thức cần thiết để xây dựng lại một nền văn minh cho chính họ.

Vậy chúng ta có thể làm gì để bảo vệ tương lai của mình trong trường hợp thảm họa toàn cầu và sụp đổ cả nền văn minh? Có một nhóm người rất lớn trên khắp thế giới, và đặc biệt là ở Mỹ, tin rằng họ sẽ chứng kiến ngày tận thế. Những 'Người chuẩn bị' hoặc 'Người sống sót' chuẩn bị hàng tá nhu yếu phẩm quan trọng như thực phẩm đóng hộp, nước đóng chai và thuốc men, cũng như vũ khí tự vệ. Nhưng còn những kiến thức cần thiết

để bắt đầu lại sau khi nền văn minh công nghiệp biến mất thì sao? Chúng ta đã phải mất hàng thế kỷ để tích lũy những hiểu biết khoa học và bí quyết công nghệ quan trọng nhất. Làm thế nào để bảo tồn tinh hoa kiến thức của con người cho hậu thế, trong trường hợp nút khởi động lại được nhấn và 'Thứ gì chưa được lưu sẽ bị mất'? Làm thế nào để chúng ta có thể giúp những người sống sót không phải trải qua một Thời đại Đen tối khác và phục hồi nhanh nhất có thể để thiết lập lại nền văn minh?

Ngày nay, có vô số thông tin có sẵn trực tuyến, từ các loại bách khoa toàn thư như Wikipedia đến những cuốn cẩm nang và video hướng dẫn trên YouTube. Nhưng tất cả các trang web này đều được lưu trữ trên Internet, vốn ban đầu được chấp nhận như một mạng liên lạc mạnh mẽ của quân đội phòng khi bị tấn công hạt nhân, nhưng vẫn sẽ biến mất ngay sau khi lưới điện bị phá hỏng sau ngày tận thế và các máy chủ sẽ không còn được cấp điện để hoạt động. (Mặc dù có một mục trên Wikipedia nói đến 'Chính sách Dự phòng Ngày Tận thế' trong đó giải thích cách in nhanh bách khoa toàn thư trực tuyến sang sách cầm tay trong trường hợp thảm họa toàn cầu xảy ra.) Tuy nhiên, nội dung trong Wikipedia không được cấu trúc theo bất kỳ loại hình lô-gích nào như một cuốn sách giáo khoa, chúng cũng không hẳn là chứa nhiều thông tin mang tính thực tiễn.

Lý tưởng nhất là, để giúp các thế hệ tương lai trong trường hợp xảy ra ngày tận thế, chúng ta nên biên dịch

một dạng 'cuốn sách tổng quan', hoặc thư viện toàn tập, lưu giữ những thông tin hữu ích nhất. Không giống như cơ sở dữ liệu máy tính hay DVD, một cuốn sách không cần đến bất kỳ công nghệ nào ngoài đôi mắt để có thể đọc nội dung của văn bản và hình ảnh. James Lovelock, người đã phát triển giả thuyết Gaia xem toàn bộ Trái Đất như một hệ thống tự điều tiết, đã viết một bài báo vào năm 1998 than rằng 'chúng ta không có một phương tiện lưu trữ vĩnh cửu phổ quát nào để khôi phục văn minh nhân loại nếu nó sụp đổ.' Ông mô tả khái niệm này như một 'Cuốn sách cho Mọi Thời kỳ', một cuốn giáo trình khoa học và được trang bị thêm thông tin thực tế. Kevin Kelly, cựu biên tập viên của *Whole Earth Catalog* và là người sáng lập tạp chí *Wired*, cũng đã đề xuất một 'Cuốn sách Vĩnh viễn' hoặc 'Thư viện Hữu ích' – một kho sách trên đỉnh núi chứa khoảng 10.000 cuốn sách lưu trữ những kiến thức cần thiết để tái tạo hạ tầng cơ sở và công nghệ của nền văn minh. Quỹ *Long Now* là một tổ chức chuyên về tư duy dài hạn; một trong những dự án của họ là xây dựng một chiếc đồng hồ khổng lồ bên sườn núi có thể tự cấp năng lượng và sẽ chỉ đúng giờ trong ít nhất 10.000 năm. Và không giống như những đề xuất khác phía trên, họ đã thực sự bắt đầu thu thập sách cho thư viện 'Cẩm nang Văn minh' của riêng họ (mà tôi đã giúp thiết lập và đóng góp một số cuốn sách, hơi cá nhân nhưng bao gồm cuốn sách khoa học nổi tiếng của tôi *The Knowledge: How to Rebuild Our World After an Apocalypse*).

Và điều đáng ngạc nhiên là những ý tưởng như vậy đã có từ lâu trước thế hệ chúng ta. Bách khoa toàn thư ban đầu được viết như bản tóm lược của tất cả các thông tin mà một người trí thức phải biết (từ này có nghĩa là 'vòng tròn học tập' hoặc giáo dục toàn diện). Tuy nhiên, đến thế kỷ 17, với sự bùng nổ tri thức theo hàm mũ nhờ nghiên cứu khoa học có phương pháp, rõ ràng không ai có thể nhớ hết tất cả những gì đã được tìm ra, và người ta chuyển sang cung cấp một bản tóm tắt kiến thức cho các mục đích tham khảo. Nhưng so với chúng ta ngày nay, những người biên soạn bách khoa toàn thư vào giữa những năm 1700 biết đánh giá cao hơn rất nhiều tính mong manh của ngay cả các nền văn minh vĩ đại nhất và giá trị tinh vi của các kiến thức khoa học và kỹ năng thực hành được lưu lại trong tâm trí của những con người có thể một lần nữa biến mất trong lịch sử.

Denis Diderot đánh giá dứt khoát rằng công trình bách khoa toàn thư *Encyclopédie* năm 1751 của ông có thể được sử dụng như một kho lưu trữ an toàn của con người, để bảo tồn thông tin cho hậu thế trong trường hợp có một trận đại hồng thủy cuốn bay nền văn minh của ta – cũng giống như nền văn hóa cổ xưa của người Ai Cập, Hy Lạp và La Mã đã biến mất, chỉ còn sót lại những mảnh ghi chép ngẫu nhiên. Mục đích là cuốn bách khoa toàn thư sẽ trở thành một bản tóm lược các hiểu biết tích lũy được qua năm tháng và được bảo vệ để không bị phai nhạt theo thời gian. Đây là sự ra đời của khái niệm về một 'Cuốn sách Tổng quan' lý tưởng (hoặc

ít ra là một kệ sách toàn tập) giải thích một cách có hệ thống tất cả những gì nhân loại biết đến cũng như mối quan hệ tương tác giữa các chủ đề khác nhau. Những người biên soạn bách khoa toàn thư này tận tâm đến mức còn thêm vào cả các chi tiết của các thí nghiệm thể hiện các nguyên tắc then chốt, cũng như các sơ đồ minh họa kỹ năng thủ công và bí quyết thực tế. Bằng cách này, một bách khoa toàn thư hoàn hảo sẽ bao gồm tinh hoa cô đọng của tất cả các tài liệu từng được viết trên hành tinh, tất cả đều được sắp xếp một cách lô-gích và có các tham chiếu chéo, giống như trí tuệ của một kẻ siêu phàm toàn năng. Không thể thu nhận cùng một lúc hay không có bất cứ cá nhân riêng lẻ nào có thể hiểu một lượng kiến thức quá lớn như vậy, nhưng, về nguyên tắc chí ít thì, bất cứ ai cũng có thể tự học về tất cả những gì họ cần biết bằng cách đọc cuốn sách này.

Tuy nhiên, dù đọc sách khá dễ dàng, nhưng sách giấy cũng có vấn đề riêng. Giấy sẽ bị mục rã nếu gặp ẩm và còn dễ cháy nữa. Xây dựng đủ thư viện phòng ngày tận thế trên toàn thế giới để giúp ích cho các nhóm người sống sót ở những nơi khác nhau cũng là một việc cực kỳ khó khăn. Nhưng với công nghệ hiện đại, những hạt giống để tái lập nền văn minh có thể được giữ lại theo một định dạng nhỏ gọn hơn nhiều. Với Kindle, hoặc các thiết bị đọc sách điện tử khác, bạn có thể chứa 10.000 cuốn sách – toàn bộ thư viện tri thức – chỉ trong lòng bàn tay. Vấn đề ở đây là khi ngày tận thế xảy ra và lưới điện bị hỏng, bạn sẽ không thể cắm thiết bị của mình vào

tưởng mà sạc được. Bạn sẽ cảm thấy bực tức khi có toàn bộ kiến thức của con người trong tầm tay nhưng không có cách nào để sử dụng nó. Vì vậy, để giải quyết vấn đề này, tôi đã tự tạo cho bản thân mình một thiết bị Kindle chống tận thế – một thiết bị được nạp đầy đủ kiến thức cần thiết để tái tạo nền văn minh, trong một lớp vỏ chắc chắn gắn với các tấm pin mặt trời tích hợp.

Bây giờ bạn đã có một bách khoa toàn thư trong định dạng di động, và khi pin yếu, bạn chỉ cần sạc nó dưới ánh mặt trời. Tất nhiên, màn hình và các tấm pin mặt trời cuối cùng cũng sẽ bị hư hỏng, nhưng tới thời điểm đó cộng đồng của bạn có lẽ đã trên đường phục hồi. Và với những hướng dẫn được lưu trữ về cách làm ra giấy, mực in và in ấn thô sơ của riêng bạn, bạn có thể đưa thông tin trong bộ nhớ của thiết bị trở lại định dạng công nghệ thấp hơn là sách giấy.

Một xã hội hoạt động không chỉ nhờ kiến thức về cách tạo ra những gì bạn yêu cầu; bạn còn cần tới cả các phương tiện và công cụ để thực sự làm được những thứ này. Vì vậy, Marcin Jakubowski đang theo một chiến thuật hơi khác – thiết kế và xây dựng một bộ máy liên kết khéo léo với nhau. Khi hoàn thành, Bộ Xây dựng Ngôi làng Toàn cầu (Global Village Construction Set, GVCS) sẽ thể hiện các bản kế hoạch nguồn mở cho một tập hợp bổ sung gồm 50 mảnh thiết bị mà khi kết hợp có thể cung cấp tất cả các cơ sở hạ tầng cần thiết cho một cộng đồng tự cung tự cấp. Những loại máy này có thể đơn giản như lò nướng, máy cưa và giàn khoan, đến động cơ hơi nước

sử dụng năng lượng tái tạo (chạy bằng nhiên liệu sinh học) và tua-bin gió, hay phức tạp hơn như thiết bị chiết xuất kim loại nhôm từ đất sét, hoặc lò nung cảm ứng để làm nóng chảy thép. GVCS sẽ hỗ trợ nông nghiệp, sản xuất năng lượng, vận chuyển và sản xuất. Và hay nhất là 50 mảnh của GVCS sẽ là tất cả những gì bạn cần để sửa chữa hoặc chế tạo bất kỳ thiết bị nào trong chính bộ này. Mục tiêu của Jakubowski là nhằm tập trung giúp đỡ các cộng đồng ở các nước đang phát triển và giảm sự tập trung các phương tiện sản xuất. Nhưng rõ ràng, các chi tiết kỹ thuật cho một bộ máy hỗ trợ qua lại có thể đáp ứng tất cả các yêu cầu của một xã hội độc lập cũng chính xác là những gì cần thiết cho một cộng đồng đang phục hồi trong thế giới hậu tận thế.

Vậy nên, nếu nghiêm túc cân nhắc khả năng xảy ra thảm họa toàn cầu trong tương lai và sự sụp đổ đột ngột của thế giới công nghiệp hóa, chúng ta nên bắt đầu bảo tồn tinh hoa của tất cả những gì chúng ta đã đạt được: những kiến thức khoa học và bí quyết kỹ thuật quan trọng nhất mà chúng ta đã mất hàng thế kỷ để tích lũy. Nó chính là tệp tin dự phòng cho toàn bộ nền văn minh của chúng ta, và giúp những người sống sót thiết lập lại một xã hội mới càng nhanh càng tốt.

18

Dịch chuyển tức thời và Du hành thời gian

Jim Al-Khalili

Trong chương cuối của cuốn sách này, tôi sẽ khiêu khích có chủ đích. Phần lớn những gì bạn đọc gần như chắc chắn sẽ xảy ra trong tương lai gần – thực sự thì phần lớn những điều này đã xảy ra ở một mức độ nào đó – trong khi những dự đoán ảm đạm hơn mô tả một tương lai mà chúng ta phải cố gắng hết sức để tránh hoặc ít nhất là chuẩn bị. Nhưng còn một tương lai rất xa xôi, thậm chí có thể vượt xa lúc chúng ta rời hành tinh quê hương để khám phá và xâm chiếm cả vũ trụ thì sao? Những ý tưởng vốn rất vững chắc trong địa hạt khoa học viễn tưởng ngày nay liệu có cơ hội được hiện thực hóa? Tôi có thể chọn rất nhiều điều để thảo luận ở đây, từ thần giao cách cảm đến di chuyển trong không gian đa chiều. Nhưng tôi đã quyết định nói về hai đề tài yêu thích của riêng mình. Tôi gần như chắc chắn rằng mình sẽ không thể thấy chúng thành hiện thực trong cuộc đời này, nhưng trong tương lai... ai mà biết được?

Dịch chuyển tức thời

Ý tưởng mấu chốt của dịch chuyển tức thời (viễn tải) là chuyển giao vật chất từ điểm này sang điểm khác mà không cần đi qua không gian vật lý giữa hai điểm và nó đã là chủ đề phổ biến trong các tiểu thuyết khoa học viễn tưởng, phim ảnh và trò chơi điện tử lâu hơn bạn có thể hình dung. Câu chuyện được ghi lại sớm nhất về hiện tượng dịch chuyển này có lẽ là *The Man without a Body* (Người đàn ông không có thân thể) của Edward Page Mitchell, được viết vào năm 1877, trong đó một nhà khoa học phát minh ra một cỗ máy có thể chuyển một cơ thể sống thành các nguyên tử cấu thành nên nó sau đó chuyển chúng như dòng điện qua dây dẫn tới điểm đến, nơi các nguyên tử sẽ hợp lại thành người. Câu chuyện này có phần hấp dẫn là vì nó được viết từ trước khi con người khám phá ra electron và thậm chí trước khi ta hiểu rõ về các nguyên tử.

Nửa thế kỷ sau vào năm 1929, Arthur Conan Doyle xuất bản truyện ngắn *The Disintegration Machine* (Cỗ máy Phân tách) viết về một cỗ máy có khả năng phân tán và tái hợp vật chất. Một trong những nhân vật trong tác phẩm này đặt câu hỏi, 'Liệu ta có thể xây dựng một quá trình để bản thân ta, một sinh vật hữu cơ, được hòa tan vào vũ trụ, và sau đó được ráp lại một lần nữa nhờ một sự đảo ngược tinh tế của các điều kiện?' Hai năm sau đó, nhà văn người Mỹ Charles Fort lần đầu tiên đặt ra thuật ngữ 'dịch chuyển tức thời/viễn tải' để giải thích sự biến mất bí ẩn của con người và vật thể và sự tái xuất hiện của

họ ở một nơi khác. Sự việc như vậy thường được cho là 'dị thường' – hiện tượng Fortean nổi tiếng – mà Fort đã nghiên cứu, cùng với các sự kiện siêu nhiên và huyền bí vượt qua những ranh giới của tri thức khoa học đã được thừa nhận.

Ý tưởng hiện đại về một người dịch chuyển tức thời lần đầu tiên được giới thiệu với công chúng trong bộ phim kinh dị khoa học viễn tưởng Mỹ, *The Fly* (Con Ruồi) công chiếu năm 1958, trong phim, một nhà khoa học vô tình xáo trộn ADN của mình với một con ruồi đã đi vào khoang dịch chuyển tức thời với anh ta. Tuy nhiên, đối với nhiều người trên khắp thế giới, hiện thực hư cấu nổi tiếng và kéo dài nhất về việc này là 'phòng dịch chuyển tức thời' trên tàu *Starship Enterprise*, và câu khẩu hiệu nổi tiếng: 'Beam me up, Scotty' (tạm dịch: Đưa tôi đi nào, cậu Scott). Khi người sáng tạo *Star Trek*, Gene Roddenberry, lần đầu tiên hình thành ý tưởng này cho bộ phim vào giữa những năm 1960, thực ra ông chỉ muốn tiết kiệm khoản tiền cho các hiệu ứng đặc biệt, vì sẽ rẻ và dễ hơn nhiều khi chỉ việc làm mờ các nhân vật và sau đó cho họ xuất hiện trên bề mặt của hành tinh, thay vì để họ bay xuống trong một tàu con thoi từ tàu *Enterprise*.

Tất nhiên những tác phẩm này đều rất thú vị, nhưng khoa học thực sự sẽ nói gì về chủ đề này? Ý tưởng vận chuyển vật chất từ nơi này sang nơi khác mà không cần phải đi qua khoảng không gian ở giữa nghe có vẻ vô lý, nhưng thực tế là khá bình thường – chỉ cần bạn tồn tại ở thang lượng tử. Một quá trình gọi là xuyên hầm

lượng tử cho phép các hạt hạ nguyên tử như electron dịch chuyển lại giữa hai vị trí ngay cả khi chúng không có đủ năng lượng để làm vậy. Hiệu ứng này giống như ném một quả bóng vào một bức tường gạch sau đó nó biến mất rồi xuất hiện ở phía bên kia, trong khi bức tường vẫn nguyên vẹn. Xin nhấn mạnh rằng đây không phải là khoa học viễn tưởng. Thật vậy, lý do Mặt Trời chiếu sáng và duy trì được tất cả sự sống trên Trái Đất là vì các nguyên tử hyđrô có thể hợp nhất với nhau bằng xuyên hầm lượng tử để vượt qua một trường lực không thể xuyên thủng giữa chúng.

Nhưng một dự đoán thậm chí còn thú vị và phản trực giác hơn về cơ học lượng tử, đã được xác minh bằng thực nghiệm vô số lần, là ý tưởng về sự liên đới lượng tử, được đề cập trong chương của Winfried Hensinger về điện toán lượng tử. Nhờ hiện tượng này, hai hoặc nhiều hạt vật chất riêng biệt sẽ được kết nối với nhau sao cho bất kỳ phép đo hoặc nhiễu loạn nào ảnh hưởng lên một trong số chúng sẽ lập tức ảnh hưởng đến hạt còn lại, có vẻ như vi phạm thuyết tương đối và hàng rào tốc độ ánh sáng của Einstein vậy. Trong cơ học lượng tử, hiện tượng này được giải thích rằng các hạt liên đới là một phần trong một hệ thống duy nhất, chứ không hoạt động như các thực thể độc lập.

Hãy thử xét phép so sánh tương tự sau đây. Lấy một đôi găng tay và đặt mỗi chiếc vào một cái hộp riêng biệt, sau đó bạn gửi một hộp đến một nơi rất xa, trong khi giữ lại hộp kia. Nếu bạn mở hộp mình giữ và tìm thấy

chiếc găng tay bên trái ở bên trong thì bạn biết ngay rằng hộp kia chứa găng tay bên phải. Tất nhiên, đây không phải là một điều bí ẩn, vì chỉ có trạng thái tri thức của bạn thay đổi – cái hộp còn lại luôn chứa găng tay bên phải. Nhưng trong thế giới lượng tử, đôi găng tay được thay thế bằng các hạt liên đới mà mỗi hạt có thể đồng thời quay theo cả chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ, một sự chồng chất lượng tử. Hành động mở cái hộp bạn đang giữ, được coi là một phép đo lượng tử, và hành động này buộc hạt phải 'quyết định' chiều nó sẽ quay. Sau cùng, chúng ta không bao giờ thấy các hạt quay cả hai chiều cùng một lúc cả – điều đó thật lố bịch, phải không? Cơ học lượng tử cho chúng ta biết – và các thí nghiệm đã chứng minh điều này – những sự chồng chất lượng tử như vậy là có thật. Hơn nữa, ngay khi bạn mở hộp để kiểm tra các hạt vật chất, hạt trong hộp thứ hai ngay lập tức cũng tách khỏi sự chồng chất, chuyển từ quay theo cả hai chiều sang quay theo một chiều nhất định: ngược với hạt đầu tiên. Dường như hành động mở hộp của bạn đã truyền tín hiệu lượng tử ngay lập tức đến hạt kia, chỉ cho nó cách hoạt động.

Một cách tự nhiên, ý tưởng về sự chồng chất và liên đới này dẫn đến khái niệm viễn tải lượng tử. Nhưng liệu ta có thể đạt được điều này trong thực tế? Ý tưởng chung đằng sau viễn tải lượng tử là có các hạt liên đới đã ở sẵn hai vị trí, sau đó bạn sẽ quét đối tượng muốn dịch chuyển theo một cách thức truyền thông tin thuần túy đến vị trí kia thông qua cặp hạt liên đới.

Nhưng để dịch chuyển dù chỉ một nguyên tử đơn lẻ cũng đòi hỏi hiểu biết đầy đủ về trạng thái lượng tử của nó – về cơ bản chúng ta cần biết mọi thứ về nó. Ban đầu người ta nghĩ rằng điều này là không thể do một ý tưởng cơ bản gọi là Nguyên lý Bất định Heisenberg, khẳng định rằng chúng ta không bao giờ có thể quét một hệ lượng tử nhằm thu thập đầy đủ thông tin về nó để tái tạo nó ở nơi khác. Tuy nhiên, liên đới lượng tử cung cấp một giải pháp cho yêu cầu này, bởi vì một số thông tin được truyền đi ngay lập tức ở mức lượng tử. Quá trình này được bổ sung bởi thông tin chúng ta thu được bằng cách đo đạc và sau đó truyền đi riêng rẽ. Thông tin kết hợp (được truyền theo cơ chế lượng tử qua cặp liên đới và được thu thập từ quá trình quét và truyền với tốc độ ánh sáng một cách riêng rẽ) sau đó được sử dụng để tái tạo vật thể gốc từ nguyên liệu thô y hệt ở đầu bên kia.

Năm 1993, một nhóm nghiên cứu quốc tế gồm sáu nhà khoa học do nhà khoa học Charles Bennett của IBM đã lần đầu tiên chứng minh rằng thực sự có thể chuyển một hạt vật chất đến một điểm cách xa thông qua liên đới lượng tử, đánh dấu sự ra đời của ý tưởng hiện đại về viễn tải lượng tử. Kể từ đó các nhà nghiên cứu đã liên đới thêm ngày càng nhiều các nguyên tử. Tất nhiên vấn đề là, việc dịch chuyển chỉ một vài photon ánh sáng hoặc một nhóm hạt nguyên tử (của một loại khí đặc biệt, được làm lạnh đến gần độ không tuyệt đối) là có thể, nhưng sẽ khó hơn rất nhiều khi sử dụng liên đới lượng tử để dịch chuyển một lượng cực lớn thông tin cần thiết

để mô tả sự sắp xếp đặc biệt của hàng nghìn tỉ nguyên tử tạo nên một con người.

Cần lưu ý rằng những gì sẽ đạt được nhờ viễn tải không chỉ đơn thuần là tạo ra một bản sao của hạt ban đầu. Chí ít thì ở thang lượng tử, việc dịch chuyển tất cả các nội dung thông tin của một hạt cũng phần nào là dịch chuyển chính hạt đó; chúng ta không cần phải dịch chuyển hạt vật chất gốc theo nghĩa vật lý. Nhưng hãy lưu ý rằng để dịch chuyển một vật thể đòi hỏi phải phá hủy vật thể ở A trước khi nó có thể được tái tạo ở B. Nói thì như thế, tuy nhiên, một số nghiên cứu thử nghiệm gần đây, được gọi là dịch chuyển hạt vật chất, cho thấy chúng ta thậm chí có thể dịch chuyển chính vật thể bằng viễn tải lượng tử.

Nhưng hãy hiểu rằng con người có lẽ phải mất hàng thế kỷ nữa mới đạt được công nghệ như trong *Star Trek*.

Du hành thời gian

Nếu dịch chuyển tức thời dựa trên nền tảng của cơ học lượng tử – lý thuyết về vật chất ở những thang kích thước nhỏ nhất – những ý tưởng liên quan đến du hành thời gian xuất phát từ lý thuyết mô tả vũ trụ ở những thang kích thước lớn nhất: thuyết tương đối rộng của Einstein.

Thuyết tương đối rộng cho ta mô tả chính xác và tốt nhất hiện nay về bản chất của không gian và thời gian, và sự thật rằng nó không hoàn toàn loại trừ khả năng du hành thời gian cũng đồng nghĩa với việc chúng ta có thể khám phá chủ đề này một cách nghiêm túc. Nó cho

chúng ta biết rằng vật chất và năng lượng có thể bẻ cong và kéo giãn không gian và thời gian. Trong thực tế, toán học của thuyết tương đối rộng cho phép bất kỳ hình dạng không-thời gian kỳ lạ nào tồn tại, chẳng hạn như hố đen và lỗ sâu đục. Một ý tưởng có liên quan ở đây là cái được gọi là một *đường cong thời gian khép kín*. Đây là một đường cong khép kín qua một khoảng không-thời gian bị biến dạng mà trong đó thời gian sẽ tự bẻ cong quanh chính nó. Nếu di chuyển dọc theo một con đường như vậy, bạn vẫn sẽ trải nghiệm thời gian trôi qua như bình thường. Tuy nhiên, cuối cùng thì bạn cũng sẽ quay trở lại nơi bắt đầu, nhưng ở thời điểm trước khi bạn khởi hành, có nghĩa là bạn đã thành công trong việc đi ngược thời gian. Các vòng thời gian lặp kiểu này tạo thành cơ sở của hầu hết các ý tưởng lý thuyết về du hành thời gian.

Mặc dù bị nhiều nhà vật lý coi là 'phi vật lý,' nhưng một số nhà vật lý vẫn thấy việc từ bỏ giả thiết vòng lặp thời gian này nhanh đến thế thật miễn cưỡng. Nghiệm đầu tiên của phương trình tương đối rộng của Einstein lần đầu tiên mô tả các vòng thời gian, được W. J. van Stockum tìm ra vào năm 1937. Nó đề cập đến giả định về một khối hình trụ vô cùng dài đậm đặc các hạt vật chất quay rất nhanh trong không gian trống rỗng. Cơ sở toán học miêu tả một giả định như vậy dự đoán rằng vùng không-thời gian xung quanh hình trụ sẽ bị xoắn xung quanh nó và do đó sẽ chứa một vòng lặp thời gian. Đáng tiếc là một hình trụ như vậy không thể tồn tại về mặt vật lý, bởi vì nó sẽ mang lại cho không-thời gian một số đặc

tính rất lạ có thể ảnh hưởng đến toàn bộ vũ trụ, và chúng ta biết vũ trụ thực sự không có những tính chất đó.

Năm 1949, nhà toán học người Mỹ gốc Áo Kurt Gödel, người từng cộng tác với Einstein tại Viện Nghiên cứu Cấp cao Princeton, đã đưa ra một giả thiết khác hoàn toàn nhất quán với thuyết tương đối rộng, nhưng vẫn chứa các vòng lặp thời gian. Tuy nhiên, hầu hết các nhà vật lý, thời trước và hiện tại, đều tin rằng những nghịch lý lô-gích của du hành thời gian về quá khứ là đã đủ để loại trừ khả năng việc này xảy ra và những lỗ hổng trong các định luật vật lý cho phép khả năng du hành thời gian cuối cùng cũng sẽ được giải đáp bằng một hiểu biết sâu rộng hơn, có thể từ một lý thuyết thống nhất về hấp dẫn lượng tử, trong đó kết hợp hai lý thuyết quan trọng nhất trong vật lý: cơ học lượng tử và thuyết tương đối rộng. Cho đến nay, cái được gọi là 'thuyết vạn vật' vẫn vượt quá sự hiểu biết của chúng ta, nhưng chúng ta vẫn đang tiếp tục nghiên cứu nó.

Tính đến những năm 1960 và 1970, nhiều mô hình lý thuyết khác có chứa các vòng lặp thời gian được một số nhà vật lý lý thuyết phát hiện, họ đang nghiên cứu các nghiệm của thuyết tương đối rộng. Tất cả đều nhắc đến việc các vật thể xoay khiến không-thời gian xoắn lại xung quanh chúng. Nổi tiếng nhất trong số này là một ý tưởng được Frank Tipler đề xuất, ông đã công bố một bài báo vào năm 1974, trong đó đưa ý tưởng của van Stockum về một hình trụ xoay lên một tầm cao mới. Ông đã chỉ ra rằng khối hình trụ sẽ phải dài 100 km, rộng 10

km và được cấu tạo từ một số vật liệu rất đặc và khác thường. Nó cũng sẽ phải cực kỳ mạnh và cứng để tránh bị một lực hấp dẫn khổng lồ đè nén dọc theo chiều dài của nó, cũng như đủ mạnh nhằm cung cấp lực hướng tâm cực lớn giúp vật chất không văng ra bên ngoài khi nó quay với tốc độ bề mặt khoảng bằng một nửa tốc độ ánh sáng. Mặc dù vậy, Tipler đã chỉ ra rằng những khó khăn ấy đều là các vấn đề thực tiễn có thể giải quyết bằng một công nghệ đủ tiên tiến.

Vậy làm thế nào để chúng ta có thể sử dụng hình trụ của Tipler như một cỗ máy thời gian? Vâng, ý tưởng là bạn sẽ đi đến nơi khối trụ này quay trong không gian và bay quanh nó một vài lần trước khi trở về Trái Đất, hy vọng bạn đã quay về quá khứ. Số vòng quay quanh khối trụ này quyết định việc bạn đã trở quá khứ bao xa. Nên cho dù bạn sẽ cảm thấy thời gian trôi qua rất bình thường khi đang bay quanh khối trụ, thì ở bên ngoài vùng không-thời gian biến dạng, bạn đang dần đi về quá khứ. Chuyện khá giống như leo *lên* một cầu thang xoắn ốc mà mỗi xoắn bạn đi *lên* đúng tầng ở *dưới* tầng vừa đi.

Bạn có thể nghĩ rằng việc điều khiển vật chất trên quy mô này để tạo ra một thiết bị như vậy là điều không thể. Tuy nhiên, có thể ống trụ Tipler đã tồn tại sẵn trong không gian. Nếu thật là vậy – và điều đó có thể gây nhiều tranh cãi – chúng được gọi là dây vũ trụ. Đây là dạng vật chất mà một số nhà vũ trụ học cho là những gì sót lại từ Vụ Nổ Lớn. Nó có thể tồn tại ở dạng vòng khép kín hoặc trải dài khắp vũ trụ. Độ dày của nó sẽ nhỏ hơn

chiều rộng của một nguyên tử, nhưng nó sẽ đậm đặc tới mức chỉ một milimét của nó thôi cũng sẽ nặng tới một triệu tỉ tấn.

Một người đã tìm hiểu rất nhiều về du hành thời gian là nhà vật lý thiên văn người Mỹ Richard Gott, người đã cho chúng ta biết rằng nếu hai dây vũ trụ di chuyển qua nhau ở đúng góc độ với tốc độ cao sẽ tạo thành một vòng lặp thời gian xung quanh cặp dây này.

Cuối cùng, khi nói đến du hành thời gian, giả thuyết có vẻ khả thi nhất, hay tôi nên nói là ít vô lý nhất, là bằng cách du hành qua một lỗ sâu đục. Lỗ sâu đục là các cấu trúc lạ thường trong không-thời gian mà sự tồn tại của chúng được các phương trình tương đối cho phép, chúng được mô tả như là các thực thể lý thuyết. Hãy xem lỗ sâu đục là các lối tắt thông qua không-thời gian. Chúng liên kết hai vùng khác nhau trong không gian thông qua một con đường ở một chiều không gian khác với vũ trụ của chúng ta. Và bởi vì không gian và thời gian có liên kết mật thiết, nên về nguyên tắc hai đầu của lỗ sâu đục cũng có thể liên kết với các thời gian khác nhau – một đầu sẽ ở quá khứ của đầu còn lại. Do đó, việc du hành qua một lỗ sâu đục sẽ là du hành đến tương lai hoặc quá khứ, tùy thuộc vào hướng bạn đi.

Không giống như các lỗ đen, mà chúng ta đã có rất nhiều bằng chứng quan sát rộng rãi hiện nay, lỗ sâu đục vẫn là một bí ẩn lý thuyết. Tuy nhiên, một ngày nào đó chúng ta có thể tạo nên một lỗ sâu đục. Tất nhiên, công nghệ thế kỷ 21 sẽ không thể làm được chuyện này. Thực

ra, nó có thể sẽ không bao giờ xảy ra. Nhưng hãy cứ cho phép tôi ức đoán. Ở quy mô chiều dài nhỏ nhất, hàng tỉ tỉ lần nhỏ hơn nguyên tử, được biết đến dưới tên gọi thang Planck, nơi mà các khái niệm về không gian và thời gian sẽ không còn ý nghĩa và tính bất định của bọt lượng tử mới là thứ thống trị. Ở đây, tất cả các định luật vật lý đã biết sẽ bị phá vỡ và tất cả các hình dạng và biến dạng của không-thời gian sẽ xuất hiện và biến mất trong một điệu nhảy ngẫu nhiên và hỗn loạn. Các thuật ngữ như 'dao động lượng tử' và 'bọt lượng tử', được sử dụng để mô tả hoạt động điên cuồng này, chắc chắn không thể giải thích rõ ràng cho nó. Trong lớp bọt này, các lỗ sâu đục kích cỡ hiển vi có thể xuất hiện và biến mất rất nhanh và mẹo để có được một lỗ sâu đục là bằng cách nào đó bắt lấy một trong số chúng và phóng nó lên gấp nhiều lần kích thước ban đầu trước khi nó có cơ hội biến mất một lần nữa.

Vậy thì chúng ta nên tin gì đây? Liệu có thể xây dựng một lỗ giun không? Liệu chúng có thể tạo thành các cỗ máy thời gian không? Các vòng lặp thời gian khép kín có thể được hình thành trong vũ trụ của chúng ta và cho phép chúng ta trở về quá khứ không? Sự thật là chúng ta vẫn chưa biết chắc điều gì cả. Nhưng với tinh thần lạc quan, tôi xin trích lời Frank Tipler, nhà vật lý đã công bố bài báo nghiêm túc đầu tiên về cách xây dựng cỗ máy thời gian và bản thân ông đã trích lời nhà thiên văn học Simon Newcomb, người đã viết một số bài báo khi xã hội bước sang một thế kỷ mới trong đó đề cập khả

năng con người sẽ không bao giờ chế tạo được những cỗ máy bay nặng-hơn-không-khí:

Minh chứng rằng không có sự kết hợp khả dĩ nào của các chất, các dạng máy móc và các dạng lực đã biết có thể được kết hợp trong một cỗ máy thực sự giúp con người có thể [quay trở lại thời gian], đối với người viết bài này, cũng chính xác như bất kỳ chứng minh của bất cứ sự thực vật lý nào.

Tuy nhiên, anh em nhà Wright đã sớm chứng minh rằng Newcomb đã sai về máy bay nặng-hơn-không-khí. Tôi tự hỏi liệu một ngày nào đó chúng ta sẽ thấy điều tương tự xảy ra với việc du hành thời gian chăng? Mặc dù tôi không muốn đặt cược nhiều tiền vào việc xây dựng thành công một cỗ máy thời gian, nhưng triết lý của tôi là, nếu các lý thuyết khoa học tốt nhất của chúng ta không loại trừ hoàn toàn khả năng những điều ấy, thì điều quan trọng, và cũng khá thú vị, là hình dung nó sẽ hoạt động như thế nào.

Tôi sẽ kết thúc chương này với một ý tưởng thú vị mà một số nhà vật lý lý thuyết hiện đang suy nghĩ về nó rất nghiêm túc. Có thể... chỉ có thể thôi... là dịch chuyển tức thời và du hành thời gian có liên kết mật thiết. Một ý tưởng mới, được các nhà vật lý biết với nhau là ER = EPR, cho rằng có thể có một mối liên hệ rất sâu sắc giữa liên đới lượng tử (ý tưởng về dịch chuyển tức thời) và lỗ sâu đục (ý tưởng du hành thời gian). Hai bài báo, được Einstein và các đồng sự công bố vào năm 1935, mà trước đây được cho là hoàn toàn không liên quan, có thể đã

mô tả cùng một khái niệm. Bài báo EPR (tên viết tắt của ba tác giả Einstein, Podolsky và Rosen) là bản mô tả đầu tiên cho sự kỳ quặc của liên đới lượng tử trong cách kết nối của hai hạt vật chất ở rất xa, một ý tưởng mà chính Einstein cảm thấy là không thể, điều đó ngụ ý hiểu biết không đầy đủ của chúng ta về lý thuyết lượng tử. Luận văn thứ hai (ER, do Einstein và Rosen viết) là công trình đầu tiên mô tả ý tưởng về lỗ sâu đục, được biết đến như là cây cầu Einstein-Rosen.

Và bây giờ, hơn 80 năm sau khi hai nghiên cứu này được công bố, chúng ta đặt ra một câu hỏi táo bạo: nếu các cặp liên đới trong thực tế có thể 'giao tiếp' với nhau *vì* chúng được kết nối với nhau bởi một lỗ sâu đục thì sao? Càng đọc và càng suy nghĩ về ý tưởng điên rồ này, tôi càng thích nó hơn. Nó mới thật gọn ghẽ làm sao. Và vậy thì lỗ sâu đục, giả sử rằng nó có thật, sẽ có thể hoạt động như cả máy dịch chuyển tức thời và máy du hành thời gian. Đó chẳng phải là điều tuyệt vời nhất sao?

Tất nhiên, hiện tại, chủ đề của chương này vẫn chỉ tồn tại trong khoa học viễn tưởng – và đương nhiên trong các phương trình toán học của các nhà vật lý lý thuyết đầy táo bạo.

Dù kết quả có là gì, tôi hoàn toàn tin chắc rằng sẽ có rất nhiều điều bất ngờ về khoa học trong các thập niên và thế kỷ sắp tới.

Nên hãy biết sử dụng kiến thức mới này một cách khôn ngoan.